

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/11/2022.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

RÓDNEY LÚCIO PINHEIRO HENRIQUE

**COMPORTAMENTO DE *Ralstonia solanacearum* DE EUCALIPTO EM
SOLO CONTENDO GLIFOSATO**

Ilha Solteira

2021

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RÓDNEY LÚCIO PINHEIRO HENRIQUE

**COMPORTAMENTO DE *Ralstonia solanacearum* DE EUCALIPTO EM
SOLO CONTENDO GLIFOSATO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Profa. Dra. Ana Carolina Firmino
Orientadora

Ilha Solteira

2021

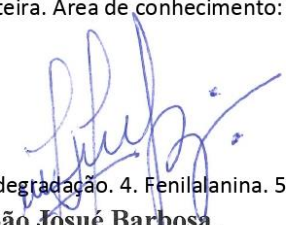
FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

H519c Henrique, Ródney Lúcio Pinheiro.
Comportamento de *Ralstonia solanacearum* de eucalipto em solo contendo
glifosato / Ródney Lúcio Pinheiro Henrique. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
75 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento:
Sistemas de Produção, 2022

Orientador: Ana Carolina Firmino
Inclui bibliografia

1. Murcha bacteriana. 2. Herbicida. 3. Biodegradação. 4. Fenilalanina. 5.
Peroxidase.



João Josué Barbosa
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Comportamento de *Ralstonia solanacearum* de eucalipto em solo contendo glifosato

AUTOR: RODNEY LÚCIO PINHEIRO HENRIQUE

ORIENTADORA: ANA CAROLINA FIRMINO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "A. Firmino", is positioned above the printed name of the supervisor.

Prof^a. Dr^a. ANA CAROLINA FIRMINO (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena UNESP

Dr. DANIEL DIAS ROSA (Participação Virtual)
Departamento de Fitopatologia / Syngenta seeds Ltda

Prof. Dr. LEANDRO TROPALDI (Participação Virtual)
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP

Ilha Solteira, 26 de novembro de 2021

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Sônia e José; e aos meus irmãos Roger e Cynthia, por todo o amor e por sempre me apoiarem em todos os momentos da minha vida.

Ao meu sobrinho e afilhado Miguel Henrique, por todo o amor e por sempre trazer alegria.

À Diego Santos Lojo, pela amizade, companheirismo e amor, sempre. E à sua família pelo acolhimento e incentivo.

À minha orientadora, Dra. Ana Carolina Firmino, pela orientação, paciência, compreensão, conselhos, prestatividade, ensinamentos e oportunidades durante minha jornada.

À minha família no geral, que sempre me ajudou quando precisei.

Aos amigos que fiz durante minha caminhada, assim como aos que sempre estiveram presentes, em especial Izabela Ponso Magalhães, Marcus Gabriel Santrin, Jhemys Vinícius dos Santos Alves e Henrique Alves.

À todas as pessoas que fazem parte do laboratório de Fitopatologia da FCAT/Unesp – Dracena, assim como todos que me ajudaram de alguma maneira, em especial Izabela Ponso, Marcela Eloi, Marcela Bergamini, Gustavo, Bruno Rafael e Lucas Alves.

Ao prof. Dr. Fábio Erminio Mingatto e à sua orientada Camila, pelo auxílio e disponibilização de seu laboratório para meus estudos.

Aos professores Dr. Paulo Renato Matos Lopes e Dr. Leandro Tropaldi, pela orientação e considerações durante parte do projeto.

À profa. Dra. Flávia Thomaz Verechia Rodrigues, pela disponibilização de seu laboratório.

A todos os professores, técnicos e servidores da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT/Unesp – Dracena), pelos ensinamentos, respeito e por auxiliarem minha trajetória.

Aos professores, técnicos e servidores da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/Unesp – Ilha Solteira), pelos ensinamentos e auxílios durante o mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Aprendemos e crescemos pelo amor ou pela adversidade. A dificuldade
é um implacável professor.”
- Johnny De’Carli

RESUMO

A *Ralstonia solanacearum* é um dos principais patógenos do eucalipto por ser causadora da murcha bacteriana, doença que tem sido fator limitante na cultura. A bactéria é um patógeno de solo com hábitos saprofíticos e é capaz de interagir com a microbiota e elementos do solo em que vive. Diante do exposto e sabendo que herbicidas amplamente utilizados em plantios de eucalipto, como o glyphosate, podem deixar resíduos no solo, o presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento de *R. solanacearum* isolada de eucalipto em solo contendo doses de glyphosate. Para a realização dos experimentos a solução bacteriana foi preparada e inoculada em solo estéril, na presença de mudas de eucalipto, tratadas com diferentes doses de glyphosate. Foram utilizados sete tratamentos: solo; solo + *R. solanacearum*; solo + *R. solanacearum* + dose recomendada de glyphosate (0,36 mg e.a. L⁻¹); e para os tratamentos seguintes as doses foram sendo dobradas até alcançar a dose de 16 vezes (0,72 mg e.a. L⁻¹, 1,44 mg e.a. L⁻¹, 2,88 mg e.a. L⁻¹ e 5,76 mg e.a. L⁻¹, respectivamente). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento, totalizando 70 parcelas experimentais. Foi realizada a quantificação da população bacteriana de amostras de solo dos tratamentos em diferentes períodos, em meio de cultura Kelman, além de análise da atividade das enzimas peroxidase e fenilalanina amônia-liase, ligadas à defesa da planta. Também foram realizadas análises morfofisiológicas das plantas e análise respirométrica do solo. Houve aumento da população da bactéria no solo com o aumento das doses do herbicida, havendo diminuição apenas nas doses mais altas. Os tratamentos que continham glyphosate interferiram na atividade das enzimas analisadas, onde sobredoses aumentaram a atividade de peroxidase e diminuíram a atividade de fenilalanina amônia-liase. Doses de glyphosate induziram a maior produção de biomassa. A presença do glyphosate apresentou aumento na respiração do solo com presença do patógeno, principalmente no tratamento com 8 vezes a dose recomendada. A utilização de glyphosate no controle de plantas daninhas na cultura do eucalipto apresentou interação com *R. solanacearum*, necessitando de estudos mais específicos.

Palavras-chave: murcha bacteriana; herbicida; biodegradação; fenilalanina; peroxidase.

ABSTRACT

Ralstonia solanacearum is one of the main pathogens of eucalyptus as it causes bacterial wilt, a disease that has been a limiting factor in the culture. The bacterium is a soil pathogen with saprophytic habits and is able to interact with the microbiota and soil elements in which it lives. Given the above and knowing that herbicides widely used in eucalyptus plantations, such as glyphosate, can leave residues in the soil, this study aimed to analyze the behavior of *R. solanacearum* isolated from eucalyptus in soil containing doses of glyphosate. To carry out the experiments, the bacterial solution was prepared and inoculated in sterile soil, in the presence of eucalyptus seedlings, treated with different doses of glyphosate. Seven treatments were used: soil; soil + *R. solanacearum*; soil + *R. solanacearum* + recommended dose of glyphosate (0.36 mg e.a. L⁻¹); and for the following treatments the doses were doubled until reaching a dose of 16 times (0.72 mg a.e. L⁻¹, 1.44 mg a.e. L⁻¹, 2.88 mg a.e. L⁻¹ and 5.76 mg e.a. L⁻¹, respectively). The experimental design used was completely randomized, with 10 replications per treatment, totaling 70 experimental parcels. The quantification of the bacterial population of soil samples from the treatments at different periods was carried out, in Kelman culture medium, in addition to the analysis of the activity of the enzymes peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase, linked to plant defense. Morphophysiological analyzes of the plants and respirometric analysis of the soil were also carried out. There was an increase in the population of bacteria in the soil with increasing doses of the herbicide, with a decrease only in the highest doses. The glyphosate treatments interfered in the activity of the analyzed enzymes, where overdoses increased the peroxidase activity and decreased the phenylalanine ammonia-lyase activity. Glyphosate doses induced the highest biomass production. The presence of glyphosate showed an increase in soil respiration with the presence of the pathogen, especially in the treatment with 8 times the recommended dose. The use of glyphosate to control weeds in the eucalyptus crop showed interaction with *R. solanacearum*, requiring more specific studies.

Keywords: bacterial wilt; herbicide; biodegradation; phenylalanine; peroxidase.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fórmula estrutural do herbicida glyphosate.....	22
Figura 2 – Solução bacteriana de <i>R. solanacearum</i> em meio líquido.....	27
Figura 3 – Soluções bacterianas de <i>R. solanacearum</i> para a inoculação das parcelas experimentais.	29
Figura 4 – Coleta de amostras de solo em plantio de eucalipto das parcelas experimentais inoculados com <i>R. solanacearum</i> , sob aplicação de glyphosate.	30
Figura 5 – Homogeneização das amostras de solo em água destilada esterilizada com o auxílio de aparelho agitador.	30
Figura 6 – Colônias de <i>Ralstonia solanacearum</i> em placas de Petri. Isolados obtidos por meio das amostras de solo de seus respectivos tratamentos.	31
Figura 7 – Recipiente utilizado como respirômetro para os tratamentos do experimento de respiração de solo.	33
Figura 8 – Quantificação da população de <i>R. solanacearum</i> em Unidade Formadora de Colônia (UFC) nas amostras de solo sob doses de glyphosate ao decorrer de 28 dias.	37
Figura 9 – Quantificação da população de <i>R. solanacearum</i> em UFC nas amostras de solo sob presença de glyphosate após 7 dias.	39
Figura 10 – Quantificação do teor de proteínas de plantas de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate ao decorrer de 28 dias.....	40
Figura 11 – Atividade da POD de plantas de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate ao decorrer de 28 dias.	43
Figura 12 – Atividade da peroxidase em plantas de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate após 7 dias.....	44
Figura 13 – Atividade da FAL de plantas de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate ao decorrer de 28 dias.	46
Figura 14 – Atividade da fenilalanina amônia-liase em plantas de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate após 7 dias.	47
Figura 15 – Médias e desvios padrões da altura de plantas de eucalipto em solos com <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate; * $p < 0,05$	48

Figura 16 – Médias e desvios padrões do índice SPAD de plantas de eucalipto em solos com <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate; * $p < 0,05$	48
Figura 17 – Médias e desvios padrões da biomassa de plantas de eucalipto em solo com <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate; * $p < 0,05$	49
Figura 18 – Biomassa de plantas de eucalipto em solo com <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate.....	50
Figura 19 – Folha apical de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob doses de glyphosate, apresentando desenvolvimento de folhas túrgidas e disformes.....	51
Figura 20 – Produção acumulada de CO ₂ , em gramas, por 50 dias.....	52
Figura 21 – Produção diária de CO ₂ em mg por 50 dias.	54
Figura 22 – Interior de respirômetro contendo amostra de solo com sinais de desenvolvimento de fungos após 35 dias de avaliação.	55
Figura 23 – Análise de componentes principais (PCA), mapeamento fatorial da relação hospedeiro-patógeno-agrotóxico.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Doses de campo de RoundUp WG e respectivas concentrações do equivalente ácido sal de amônio de glifosato.	28
Tabela 2 – Parametrização e adequação do modelo de superfície de resposta para quantificação da população de <i>R. solanacearum</i> em solo contendo plantas de eucalipto sob efeito de glyphosate ao longo de 28 dias.	36
Tabela 3 – Parametrização e adequação do modelo de superfície de resposta para o teor de proteínas de plantas de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob efeito de glyphosate ao longo de 28 dias.	41
Tabela 4 – Teor de proteínas de plantas de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob efeito de doses de glyphosate após 7 dias.	41
Tabela 5 – Parametrização e adequação do modelo de superfície de resposta para a atividade da POD de plantas de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob efeito de glyphosate.	43
Tabela 6 – Parametrização e adequação do modelo de superfície de resposta para a atividade da FAL de plantas de eucalipto com murcha bacteriana de <i>R. solanacearum</i> sob efeito de glyphosate.	46
Tabela 7 – Altura de plantas de eucalipto após 28 dias, inoculadas com <i>R. solanacearum</i> , sob doses de glyphosate.	49
Tabela 8 – Índice SPAD de plantas de eucalipto após 28 dias, inoculadas com <i>R. solanacearum</i> , sob doses de glyphosate.	49
Tabela 9 – Porcentagem de plantas de eucalipto inoculadas com <i>R. solanacearum</i> , sob doses de glyphosate com sintomas de murcha bacteriana.	51
Tabela 10 – Produção acumulada de CO ₂ em mg em 50 dias.	53
Tabela 11 – Relações lineares entre variáveis analíticas; significância: $p < 0,05$	55
Tabela 12 – Pontos ortogonais latentes no complexo solo-bactéria-plantas-agrotóxico.	58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AMPA	Ácido aminometilfosfônico
BDA	Batata-dextrose-ágar
°C	Graus Celsius
CP	Componente principal
CO ₂	Gás carbônico
e.a.	Equivalente ácido
EC	Número EC (<i>Enzyme Commission Number</i>)
EPSPs	5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase
FAL	Fenilalanina amônia-liase
g	Gramas
GLY	Glyphosate
GOX	Glifosato oxidoreductase
ha	Hectare
kg	Quilos
KOH	Hidróxido de potássio
L	Litros
M	Molar
ml	Mililitros
mg	Miligramas
nm	Nanômetro
OD	Densidade óptica (<i>Optical density</i>)
p.c.	Produto comercial
PCA	Análise de componentes principais (<i>Principal component analysis</i>)
pH	Potencial hidrogeniônico
POD	Peroxidase
R^2_{adj}	R ² ajustado
RPM	Rotações por minuto
SAR	Sarcosina
UFC	Unidade formadora de colônia
WG	Granulado dispersível (<i>Water dispersible granules</i>)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	<i>Eucalipto</i>	17
2.2	<i>Murcha bacteriana do eucalipto</i>	19
2.3	<i>Ralstonia solanacearum.....</i>	20
2.4	<i>Glyphosate</i>	22
2.5	<i>Biodegradação de glyphosate.....</i>	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	<i>Preparo da cultura bacteriana.....</i>	26
3.2	<i>Preparo das diluições de glyphosate</i>	27
3.3	<i>Experimento em casa de vegetação</i>	28
3.3.1	<i>Avaliações dos dados do experimento em casa de vegetação</i>	29
3.3.1.1	<i>Quantificação de população bacteriana.....</i>	29
3.3.1.2	<i>Análises enzimáticas e do teor de proteínas das mudas de eucalipto.....</i>	32
3.3.1.3	<i>Análises morfofisiológicas das mudas de eucalipto</i>	32
3.4	<i>Experimento de respiração do solo tratado com glyphosate e inoculados com R. solanacearum</i>	32
3.5	<i>Análise estatística</i>	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	<i>Análises do experimento em casa de vegetação</i>	35
4.1.1	<i>Análise de Unidade Formadora de Colônia em solo</i>	35
4.1.2	<i>Análises proteica e enzimáticas das plantas de eucalipto.....</i>	39
4.1.3	<i>Análise de características morfofisiológicas das plantas.....</i>	47
4.2	<i>Análises do experimento de respirometria</i>	52
4.3	<i>Análises das relações entre as variáveis obtidas</i>	55

5	CONCLUSÃO.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

1 Introdução

A *Ralstonia solanacearum* é uma bactéria fitopatogênica de grande importância, pois além de ser cosmopolita, possui ampla gama de hospedeiros (HAYWARD, 1994; FREITAS *et al.*, 2021a). O patógeno é causador da doença conhecida como murcha bacteriana que afeta mais de 200 espécies de plantas, podendo causar perdas significativas em culturas economicamente relevantes, como diversas espécies de solanáceas, leguminosas, algumas monocotiledôneas e espécies florestais (HAYWARD, 1994; GENIN; BOUCHER, 2002; LOPES; ROSSATO, 2018).

Dentre as diversas espécies de plantas acometidas pelo patógeno, encontra-se o eucalipto, sendo que há ocorrência da doença na cultura em diversos locais no Brasil, como nos Estados de Minas Gerais, Santa Catarina, Goiás, Espírito Santo, Bahia, Maranhão e Pará (SUDO *et al.*, 1983; FONSECA *et al.*, 2014), além de diversas regiões pelo mundo como Paraguai (SANTIAGO *et al.*, 2014), Indonésia (GIYANTO *et al.*, 2021), Tailândia (PONGPANICH, 2000), China (RAN, 2005), África do Sul (COUTINHO *et al.*, 2000) e Equador (ÁLVAREZ ROMERO *et al.*, 2021).

No Brasil, os primeiros relatos da doença em plantas de eucalipto foram registrados em meados de 1980 (SUDO *et al.*, 1983), desde então o patógeno se tornou um dos mais importantes para a cultura. Os sintomas característicos da doença se expressam por murcha, morte de raízes e escurecimento e rachadura de cascas e caules, podendo chegar à necrose foliar (ALFENAS *et al.*, 2006).

A ocorrência de *R. solanacearum* em viveiros clonais é comum, fazendo com que, em diversas vezes, clones suscetíveis apresentem sintomas ainda durante a fase de mudas, enquanto clones aparentemente saudáveis sejam levados à campo, onde após situações adversas começam a apresentar sintomas da murcha bacteriana (COUTINHO; WINGFIELD, 2017). Condições de estresse são essenciais para a infecção da planta pelo patógeno, sendo que fatores como deficiência de raízes, manejo inadequado no plantio e infecção por patógenos primários são comuns (COUTINHO; WINGFIELD, 2017).

Um dos fatores que mais influenciam para o estresse durante os estágios iniciais do eucalipto, é a suscetibilidade às plantas daninhas, que pode

prejudicar de maneira expressiva o desenvolvimento da planta durante o primeiro ano de plantio (NAMBIAR; SANDS, 1993; FLORENTINE; FOX, 2003; GARAU *et al.*, 2009). Neste contexto, a utilização de herbicidas para o controle de plantas daninhas é prática comum, sendo o glyphosate, muito utilizado desde a fase de mudas no campo (CARVALHO *et al.*, 2016; CERVEIRA JUNIOR *et al.*, 2020).

O glyphosate é recomendado para o controle de plantas daninhas em pós-emergência e é um dos herbicidas mais utilizados mundialmente desde sua introdução no mercado, na década de 70, por ser de amplo-espectro, além de poder ser aplicado em culturas transgênicas, resistentes ao produto (DUKE; POWLES, 2008; SAMSEL; SENEFF, 2013).

Atualmente, diversos estudos indicam que a utilização indiscriminada e intensiva do produto tem ocasionado resíduos em solos, água e lençóis freáticos em diversas regiões do mundo (WAIMAN *et al.*, 2013; STRUGER *et al.*, 2015; SUN *et al.*, 2017; SILVA, 2018). Associadamente, diversos estudos em biorremediação têm sido feitos para diminuir os agravantes desses resíduos em solos, principalmente utilizando-se bactérias (GONZÁLEZ-VALENZUELA; DUSSÁN, 2018; MASOTTI *et al.*, 2021).

No geral, os microrganismos presentes no solo são capazes de degradar o glyphosate em dias ou meses, entretanto, são as bactérias que possuem maior potencial para fazê-lo (BORGGAARD; GIMSING, 2008), como *Arthrobacter atrocyaneus* (PIPKE; AMRHEIN, 1988) e *Pseudomonas sp.* (JACOB *et al.*, 1988).

Apesar da biodegradação ser fator desejável para resíduos de agrotóxicos em solos, há a possibilidade de microrganismos fitopatogênicos presentes no solo interagirem com as moléculas dos produtos, utilizando-as como forma de substrato (ALTMAN; CAMPBELL, 1977). Estudos a respeito da interação entre diversos herbicidas com fitopatógenos apontam que em alguns casos, o efeito pode ser benéfico para esses microrganismos (KATAN; ESHEL, 1973).

Diante do exposto, vale ressaltar que, apesar de haverem diversos estudos relacionados à biodegradação de glyphosate, pesquisas relativas à capacidade de fitopatógenos de solo em degradarem as moléculas do produto são escassas. Sendo assim, devido à grande importância da interação

5 CONCLUSÃO

Doses de glyphosate no solo contendo plantas de eucalipto sob presença de *Ralstonia solanacearum* apresentaram interação, aumentando a população da bactéria no solo. A presença do glyphosate também aumentou as taxas de CO₂ na respiração do solo inoculado com a bactéria, além de interferir na atividade das enzimas analisadas, relacionadas ao sistema de defesa das plantas, diminuindo a atividade da FAL e aumentando a atividade da POD.

Apesar de ser um fitopatógeno, a bactéria possui potencial para a biodegradação do GLY em solos. A interação da bactéria com o herbicida pode estar produzindo compostos que estão favorecendo o desenvolvimento das plantas.

Sendo assim, são necessários estudos mais específicos com o objetivo de comprovar a utilização da molécula de glyphosate pelo patógeno de solo *Ralstonia solanacearum*.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-MALLEK, A. Y.; ABDEL-KADER, M. I. A.; SHONKEIR, A. M. A. Effect of glyphosate on fungal population, respiration and the decay of some organic matters in Egyptian soil. **Microbiological Research**, Muenchen, v. 149, n. 1, p. 69-73, 1994.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Ed. da UFLA, 2004.
- ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; SARTÓRIO, R. C.; BINOTI, D. H.; SILVA, R. R.; LAU, D.; VANETTI, C. A. *Ralstonia solanacearum* em viveiros clonais de eucalipto no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 357-366, 2006.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: Ed. Da UFLA, 2009. 500 p.
- ALTMAN, J.; CAMPBELL, C. L. Effect of herbicides on plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 15, n. 1, p. 361-385, 1977.
- ÁLVAREZ ROMERO, P. I.; GRABOWSKI OCAMPOS, C.; CARPIO, C.; TORO, V. S.; FERREIRA E FERREIRA, A. F. T. A.; MIZUBUTI, E. S. First Report of *Ralstonia solanacearum* Causing Bacterial Wilt of *Eucalyptus* in Ecuador. **Plant Disease**, St. Paul, v. 105, n. 1, p. 211, 2021.
- AMARANTE JUNIOR, O. P. D.; SANTOS, T. C. R. D.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.
- ANDRIGHETTI, M. S.; NACHTIGALL, G. R.; QUEIROZ, S. C. N. D.; FERRACINI, V. L.; AYUB, M. A. Z. Biodegradação de glifosato pela microbiota de solos cultivados com macieira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1643-1653, 2014.
- ASCOLANI Yael, J.; FUHR, J. D.; BOCAN, G. A.; DAZA MILLONE, A.; TOGNALLI, N.; SANTOS, A. M.; MARTIARENA, M. L. Abiotic degradation of glyphosate into aminomethylphosphonic acid in the presence of metals. **Journal Of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 62, n. 40, p. 9651-9656, 2014.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético de Eucalyptus: desafios e perspectivas. In: 3º ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3, 2015, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: [s.n.], 2015. p. 127-148.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do cidadão**. c2021. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice> . Acesso em: 09 nov. 2021.

BARTHA, R.; PRAMER, D. Features of a flask and method for measuring the persistence and biological effects of pesticides in soil. **Soil Science**, New Jersey, v. 100 n. 1, n. 1, p. 68- 70p, 1965.

BATTIE-LACLAU, P.; LACLAU, J. P.; DOMECH, J. C.; CHRISTINA, M.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. C.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, R. M.; KRUSCHE, A. V.; BOUVET, J. M.; NOUVELLON, Y. Effects of potassium and sodium supply on drought-adaptive mechanisms in *Eucalyptus grandis* plantations. **New Phytologist**, Chichester, v. 203, n. 2, p. 401-413, 2014.

BHATT, P.; JOSHI, T.; BHATT, K.; ZHANG, W.; HUANG, Y.; CHEN, S. Binding interaction of glyphosate with glyphosate oxidoreductase and C-P lyase: Molecular docking and molecular dynamics simulation studies. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 409, p. 124927, 2021.

BECKIE, H. J.; HALL, L. M. Genetically-modified herbicide-resistant (GMHR) crops a two-edged sword? An Americas perspective on development and effect on weed management. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 66, p. 40-45, 2014.

BOAVA, L. P.; KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F.; DI PIERO, R. M.; FURTADO, E. L. Atividade de quitinases e peroxidases em folhas de eucalipto em diferentes estágios de desenvolvimento após tratamento com acibenzolar-S-metil (ASM) e inoculação com *Puccinia psidii*. **Tropical Plant Pathology**, Heidelberg, v. 35, p. 124-128, 2010a.

BOAVA, L. P.; KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F.; DI PIERO, R. M.; FURTADO, E. L. Efeito de indutores bióticos e abióticos na atividade de quitinase e peroxidase e no controle da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em eucalipto. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, p. 168-172, 2010b.

BOBIS, O.; MOISE, A. R.; BALLESTEROS, I.; REYES, E. S.; DURÁN, S. S.; SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, J.; CRUZ-QUINTANA S.; GIAMPIERI F.; BATTINO M.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M. Quality parameters, chemical composition and health-promoting properties. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 325, p. 126870, 2020.

BORGGGAARD, O. K.; GIMSING, A. L. Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters: a review. **Pest Management Science: Formerly Pesticide Science**, Oxford, v. 64, n. 4, p. 441-456, 2008.

BOTT, S.; TESFAMARIAM, T.; KANIA, A.; EMAN, B.; ASLAN, N.; RÖMHELD, V.; NEUMANN, G. Phytotoxicity of glyphosate soil residues re-mobilised by phosphate fertilisation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 342, n. 1, p. 249-263, 2011.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Philadelphia, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BUSSE, M. D.; RATCLIFF, A. W.; SHESTAK, C. J.; POWERS, R. F. Non-target effects of glyphosate on soil microbes. **Proceedings Of The California Weed Science Society**, Salinas, v. 52, p. 146-150, 2000.

CAO, J. D. Investigation of bacterial wilt in *Eucalyptus saligna* and *E. grandis* introduced from Brazil. **Guangxi Forestry Science and Technology**, Nanning, v. 4, p. 30-31, 1982.

CARMONA, N. F. **Respirometria aplicada a solos contaminados por derivados de petróleo e fluorcarbonados em condições climáticas reais**. 2016. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; ANDRADE, T. C. G R. Content and fluorescence of chlorophyll in eucalypt exposed to glyphosate. **Communications**, Zilina, v. 6, n. 1-2, p. 07-11, 2016.

CAVALCANTI, L. S.; BRUNELLI, K. R.; STANGARLIN, J. R. Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência induzida. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R. S. (ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 81-124.

CERVEIRA JUNIOR, W. R.; COSTA, Y. K. S.; CARBONARI, C. A.; DUKE, S. O.; ALVES, P. L. C. A.; CARVALHO, L. B. Growth, morphological, metabolic and photosynthetic responses of clones of eucalyptus to glyphosate. **Forest Ecology and Management**, v. 470, p. 118218, 2020.

CETESB/SP. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Norma P4.230 – **Critérios para aplicação de biossólidos em áreas agrícolas**: critérios para projeto e operação. São Paulo: Cetesb, 1999. Manual Técnico.

CHANG, S. Y.; LIAO, C. Analysis of glyphosate, glufosinate and aminomethylphosphonic acid by capillary electrophoresis with indirect fluorescence detection. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 959, n. 1-2, p. 309-315, 2002.

CHRISTINA, M.; LE MAIRE, G.; NOUVELLON, Y.; VEZY, R.; BORDON, B.; BATTIE-LACLAU, P.; GONÇALVES, J. L. M.; DELGADO-ROJAS, J. S.; BOUILLET, J. P.; LACLAU, J. P. Simulating the effects of different potassium and water supply regimes on soil water content and water table depth over a rotation of a tropical *Eucalyptus grandis* plantation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 418, p. 4-14, 2018.

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**, Hoboken, v. 150, n. 4, p. 580-592, 2014.

CORREIA, L. Q. **Avaliação comparativa de SNPs e microssatélites para identificação individual, determinação de parentesco e ancestralidade em espécie de Eucalyptus**. 2011. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Genômicas, Genética Molecular e de Populações, Biotecnologia Molecular) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

COUTINHO, T. A.; ROUX, J.; RIEDEL, K. H.; TERBLANCHE, J.; WINGFIELD, M. J. First report of bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* on eucalypts in South Africa. **Forest Pathology**, Berlin, v. 30, n. 4, p. 205-210, 2000.

COUTINHO, T. A.; WINGFIELD, M. J. *Ralstonia solanacearum* and *R. pseudosolanacearum* on *Eucalyptus*: opportunists or primary pathogens? **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 8, p. 761, 2017.

DENNY, T. P. *Ralstonia solanacearum* – a plant pathogen in touch with its host. **Trends in Microbiology**, Oxford, v. 8, n. 11, p. 486-489, 2000.

DIANESE, J. C.; DRISTIG, M. C. G.; CRUZC, A. P. Susceptibility to wilt associated with *Pseudomonas solanacearum* among six species of *Eucalyptus* growing in equatorial Brazil. **Australasian Plant Pathology**, Dordrecht, v. 19, n. 3, p. 71-76, 1990.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science: Formerly Pesticide Science**, Oxford, v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008.

DUKE, S. O. Glyphosate degradation in glyphosate-resistant and-susceptible crops and weeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Whashington, v. 59, n. 11, p. 5835-5841, 2011.

DUKE, S. O.; LYDON, J.; KOSKINEN, W. C.; MOORMAN, T. B.; CHANEY, R. L.; HAMMERSCHMIDT, R. Glyphosate effects on plant mineral nutrition, crop rhizosphere microbiota, and plant disease in glyphosate-resistant crops. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Whashington, v. 60, n. 42, p. 10375-10397, 2012.

EFSA. Guidance on tiered risk assessment for plant protection products for aquatic organisms in edge-of-field surface waters. **EFSA Journal**, Oxford, v. 11, n. 7, p. 3290, 2013.

EL-ARGAWY, E.; ADSS, I. A. Quantitative Gene Expression of Peroxidase, Polyphenoloxidase and Catalase as Molecular Markers for Resistance against *Ralstonia solanacearum*. **American Journal of Molecular Biology**, Irvine, v. 6, n. 2, p. 88-100, 2016.

ELPHINSTONE, J. G. The current bacterial wilt situation: a global overview. In: **Bacterial wilt disease and the *Ralstonia solanacearum* species complex**. St. Paul: American Phytopathological Society, 2005. p. 9-28.

EPPO. PM 7/21 (2) *Ralstonia solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii* (*Ralstonia solanacearum* species complex). **EPPO Bulletin**, Chichester, v. 48, p. 32-63, 2018.

FEGAN, M.; HOLOWAY, G.; HAYWARD, A.C.; TIMMIS, J. Development of a diagnostic test based on the polymerase chain reaction (PCR) to identify strains of *Ralstonia solanacearum* exhibiting the biovar 2 genotype. In: PRIOR, P.; ALLEN, C. ;

ELPHINSTONE, J. (ed.). **Bacterial wilt disease: molecular and ecological aspects**. Berlin: Springer, 1998. p. 34-43.

FEGAN, M.; PRIOR, P. How complex is the *Ralstonia solanacearum* species complex. **Bacterial Wilt Disease and the *Ralstonia Solanacearum* Species Complex**, v. 1, p. 449-461, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/37628297_How_Complex_is_the_Ralstonia_Solanacearum_Species_Complex. Acesso em: 12 out. 2021.

FENG, J. C.; THOMPSON, D. G. Fate of glyphosate in a Canadian forest Watershed. 2: persistence in foliage and soil. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, California, v.38, n.4, p.1118-1125, 1990.

FERREIRA, F. A.; MILANI, D. **Diagnose visual e controle das doenças abióticas e bióticas do eucalipto no Brasil**. Mogi Guaçu: International Paper, 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. A.; MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C. *Ralstonia solanacearum* decreases volumetric growth of trees and yield of kraft cellulose of *Eucalyptus spp.* **Forest Pathology**, Berlin, v. 48, n. 1, p. e12376, 2018.

FLORENTINE, S. K.; FOX, J. E. D. Competition between *Eucalyptus victrix* seedlings and grass species. **Ecological Research**, Richmond, v. 18, n. 1, p. 25-39, 2003.

FOLEY, W. J.; LASSAK, E. V. **The potential of bioactive constituents of Eucalyptus foliage as non-wood products from plantations**. Barton: Rural Industries Research and Development Corporation, 2004.

FONSECA, N. R.; GUIMARÃES, L. M. S.; HERMENEGILDO, P. S.; TEIXEIRA, R. U.; LOPES, C. A.; ALFENAS, A. C. Molecular characterization of *Ralstonia solanacearum* infecting *Eucalyptus spp.* in Brazil. **Forest Pathology**, Berlin, v. 44, n. 2, p. 107-116, 2014.

FONSECA, N. R.; OLIVEIRA, L. S.; GUIMARÃES, L. M.; TEIXEIRA, R. U.; LOPES, C. A.; ALFENAS, A. C. An efficient inoculation method of *Ralstonia solanacearum* to test wilt resistance in *Eucalyptus spp.* **Tropical Plant Pathology**, Heidelberg, v. 41, n. 1, p. 42-47, 2016.

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. Uptake, transport and metabolism of glyphosate in plants. **Glyphosate: a unique global herbicide**, New York, v. 189, p. 143-181, 1997.

FREITAS, R. G.; HERMENEGILDO, P. S.; GUIMARÃES, L. M.; ZAUZA, E. A.; BADEL, J. L.; ALFENAS, A. C. Detection and characterization of *Ralstonia pseudosolanacearum* infecting *Eucalyptus sp.* in Brazil. **Forest Pathology**, Berlin, v. 50, n. 3, p. e12593, 2020.

FREITAS, R. G.; HERMENEGILDO, P. S.; CASCARDO, R. S.; GUIMARÃES, L. M.; SANTOS, S. A.; BADEL, J. L.; ALFENAS-ZERBINI, P.; ALFENAS, A. C. Validation and use of a qPCR protocol to quantify the spread of *Ralstonia solanacearum* in susceptible and resistant eucalypt plants. **Plant Pathology**, Chichester, v. 70, n. 7, p. 1708-1718, 2021a.

FREITAS, R. G.; HERMENEGILDO, P. S.; GUIMARÃES, L. M.; ZAUZA, E. A.; BADEL, J. L.; ALFENAS, A. C. Molecular characterization and aggressiveness of the *Ralstonia solanacearum* species complex from Eucalyptus spp. in Brazil. **Forest Pathology**, Berlin, p. e12704, 2021b.

FRIGOTTO, T.; NAVROSKI, M. C.; AGUIAR, N. S.; FELIPPE, D.; BORSOI, G. A.; PEREIRA, M. O.; LOVATEL, Q. C. Desempenho de espécies e procedências de Eucalyptus no Planalto Norte Catarinense, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 48, n. 127, e3273, 2020.

GARAU, A. M.; GHERSA, C. M.; LEMCOFF, J. H.; BARAÑAO, J. J. Weeds in *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii* (F. Muell) establishment: effects of competition on sapling growth and survivorship. **New Forests**, Dordrecht, v. 37, n. 3, p. 251-264, 2009.

GENIN, S.; BOUCHER, C. *Ralstonia solanacearum*: secrets of a major pathogen unveiled by analysis of its genome. **Molecular Plant Pathology**, Chichester, v. 3, n. 3, p. 111-118, 2002.

GENIN, S.; DENNY, T. P. Pathogenomics of the *Ralstonia solanacearum* species complex. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 50, p. 67-89, 2012.

GIESY, J. P.; DOBSON, S.; SOLOMON, K. R. Ecotoxicological risk assessment for Roundup® herbicide. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, p. 35-120, 2000.

GIYANTO, G.; SINAGA, M. S.; MUTAQIN, K. H.; TJAHJONO, B. The potential of endophytic bacteria from the root of *Eucalyptus pellita* as a biocontrol agent against *Ralstonia solanacearum*. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 22, n. 6, 2021.

GODED, S.; EKROOS, J.; DOMÍNGUEZ, J.; AZCÁRATE, J. G.; GUITIÁN, J. A.; SMITH, H. G. Effects of eucalyptus plantations on avian and herb species richness and composition in North-West Spain. **Global Ecology and Conservation**, Amsterdam, v. 19, p. e00690, 2019.

GOMEZ, E.; FERRERAS, L.; LOVOTTI, L.; FERNANDEZ, E. Impact of glyphosate application on microbial biomass and metabolic activity in a Vertic Argiudoll from Argentina. **European Journal of Soil Biology**, Issy les Moulineaux Cedex, v. 45, n. 2, p. 163-167, 2009.

GONZÁLEZ-VALENZUELA, L. E.; DUSSÁN, J. Molecular assessment of glyphosate-degradation pathway via sarcosine intermediate in *Lysinibacillus sphaericus*. **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg, v. 25, n. 23, p. 22790-22796, 2018.

GORRINI, B.; POBLETE, H.; HERNÁNDEZ, G.; DUNN, F. Tableros de partículas y MDF de *Eucalyptus nitens*: Ensayos a escala industrial. **Bosque**, Valdivia, v. 25, n. 3, p. 89-97, 2004.

GRAVENA, R.; FILHO, R. V.; ALVES, P. L. C.; MAZZAFERA, P.; GRAVENA, A. R. Glyphosate has low toxicity to citrus plants growing in the field. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 92, n. 1, p. 119-127, 2012.

HADI, F.; MOUSAVI, A.; NOGHABI, K. A.; TABAR, H. G.; SALMANIAN, A. H. New bacterial strain of the genus *Ochrobactrum* with glyphosate-degrading activity. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, New York, v. 48, n. 3, p. 208-213, 2013.

HANEY, R. L.; SENSEMAN, S. A.; HONS, F. M.; ZUBERER, D. A. Effect of glyphosate on soil microbial activity and biomass. **Weed Science**, Cambridge, v. 48, n. 1, p. 89-93, 2000.

HAYWARD, A. C. Systematics and phylogeny of *Pseudomonas solanacearum* and related bacteria. In: HARTMAN, G. L.; HAYWARD, A. C. (ed.). **Bacterial wilt: the disease and its causative agent, pseudomonas solanacearum**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 127-135.

HOPPE, J. M.; BRUN, E. J. **Produção de sementes e mudas florestais**. Santa Maria: [s.n.], 2004. Caderno didático, v. 1, n. 2.

HOVE-JENSEN, B.; ZECHEL, D. L.; JOCHIMSEN, B. Utilization of glyphosate as phosphate source: biochemistry and genetics of bacterial carbon-phosphorus lyase. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington, v. 78, n. 1, p. 176-197, 2014.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Anuário estatístico IBÁ**. 2020. Brasília: [s.n.], 2020. 66 p.

JACOB, G. S.; GARBOW, J. R.; HALLAS, L. E.; KIMACK, N. M.; KISHORE, G. M.; SCHAEFER, J. Metabolism of glyphosate in *Pseudomonas* sp. strain LBr. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 54, n. 12, p. 2953-2958, 1988.

KACZYNSKI, P.; LOZOWICKA, B.; WOLEJKO, E.; IWANIUK, P.; KONECKI, R.; DRAGOWSKI, W.; LOZOWICKI, J.; AMANBEK, N.; RUSILOWSKA, J. PIETRASZKO, A. Complex study of glyphosate and metabolites influence on enzymatic activity and microorganisms association in soil enriched with *Pseudomonas fluorescens* and sewage sludge. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 393, p. 122443, 2020.

KAFARSKI, P.; LEJCZAK, B.; FORLANI, G. **Biodegradation of pesticides containing carbon-to-phosphorus bond**. [New York]: American Chemistry Society Symposium Serial, 2001. V. 777, p. 145-163.

KANISSERY, R.; GAIRHE, B.; KADYAMPAKENI, D.; BATUMAN, O.; ALFEREZ, F. Glyphosate: Its environmental persistence and impact on crop health and nutrition. **Plants**, Basel, v. 8, n. 11, p. 499, 2019.

KATAN, J.; ESHEL, Y. Interactions between herbicides and plant pathogens. In: **RESIDUE reviews**. New York: Springer, 1973. p. 145-177.

KELMAN, A. The relationship of pathogenicity of *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance in a tetrazolium medium. **Phytopathology**, St. Paul, v. 44, n. 12, 1954.

KONAPPA, N. M.; MARIA, M.; UZMA, F.; KRISHNAMURTHY, S.; NAYAKA, S. C.; NIRANJANA, S. R.; CHOWDAPPA, S. Lactic acid bacteria mediated induction of defense enzymes to enhance the resistance in tomato against *Ralstonia solanacearum* causing bacterial wilt. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 207, p. 183-192, 2016.

KREMER, R.; MEANS, N.; KIM, S. Glyphosate affects soybean root exudation and rhizosphere micro-organisms. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, Abingdon, v. 85, n. 15, p. 1165-1174, 2005.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.

LA CECILIA, D.; MAGGI, F. Analysis of glyphosate degradation in a soil microcosm. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 233, p. 201-207, 2018.

LANCASTER, S. H.; HANEY, R. L.; SENSEMAN, S. A.; HONS, F. M.; CHANDLER, J. M. Soil microbial activity is affected by Roundup WeatherMax and pesticides applied to cotton (*Gossypium hirsutum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 19, p. 7221-7226, 2006.

LANE, M.; LORENZ, N.; SAXENA, J.; RAMSIER, C.; DICK, R. P. The effect of glyphosate on soil microbial activity, microbial community structure, and soil potassium. **Pedobiologia**, Muenchen, v. 55, n. 6, p. 335-342, 2012.

LI, C.; BERNINGER, F.; KOSKELA, J.; SONNINEN, E. Drought responses of *Eucalyptus* microtheca provenances depend on seasonality of rainfall in their place of origin. **Functional Plant Biology**, Clayton, v. 27, n. 3, p. 231-238, 2000.

LI, S.; PI, J.; ZHU, H.; YANG, L.; ZHANG, X.; DING, W. Caffeic acid in tobacco root exudate defends tobacco plants from infection by *Ralstonia solanacearum*. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 12, p. 1402, 2021.

LIU, C. M.; MCLEAN, P. A.; SOOKDEO, C. C.; CANNON, F. C. Degradation of the herbicide glyphosate by members of the family Rhizobiaceae. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 57, n. 6, p. 1799-1804, 1991.

LIU, B.; LIN, Y. Z.; ZHU, Y. J.; GE, C. B.; CAO, Y. Attenuation Characteristics of Bacterial-wilt-disease Biocontrol Strain Anti-8098A (*Bacillus cereus*) to *Ralstonia*

solanacearum [J]. **Journal of Agricultural Biotechnology**, Cambridge, v. 3, p. 322-329, 2004.

LOPES, C. A.; ROSSATO, M. History and status of selected hosts of the *Ralstonia solanacearum* species complex causing bacterial wilt in Brazil. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 9, p. 1228, 2018.

LORENZETTI, E.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; PORTZ, R. L. Induction of resistance to *Macrophomina phaseolina* in soybean treated with rosemary extract. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 44, n. 1, p. 45-50, 2018.

LU, T.; XU, N.; ZHANG, Q.; ZHANG, Z.; DEBOGNIES, A.; ZHOU, Z.; SUN, L.; QIAN, H. Understanding the influence of glyphosate on the structure and function of freshwater microbial community in a microcosm. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 260, p. 114012, 2020.

LUCKEY, T. D. Radiation hormesis in growth and development. In: LUCKEY, T. D. **Radiation hormesis**. New York: CRC Press, 1991. p. 55-63.

LUSO, M. F. G.; PASCHOLATI, S. F. Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 25, p. 244-249, 1999.

MAFIA, R. G. **Sintomatologia, etiologia e controle da Murcha Bacteriana do eucalipto**. 2006. 96 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MAMY, L.; BARRIUSO, E. Glyphosate adsorption in soils compared to herbicides replaced with the introduction of glyphosate resistant crops. **Chemosphere**, Oxford, v. 61, n. 6, p. 844-855, 2005.

MARIUTTO, M.; DUBY, F.; ADAM, A.; BUREAU, C.; FAUCONNIER, M.; ONGENA, M.; THONART, P.; DOMMES, J. The elicitation of a systemic resistance by *Pseudomonas putida* BTP1 in tomato involves the stimulation of two lipoxygenase isoforms. **BMC Plant Biology**, London, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2011.

MARKOVIĆ, S.; STANKOVIĆ, S.; ILIČIĆ, R.; VELJOVIĆ JOVANOVIĆ, S.; MILIĆ KOMIĆ, S.; JELUŠIĆ, A.; POPOVIĆ, T. *Ralstonia solanacearum* as a potato pathogen in Serbia: Characterization of strains and influence on peroxidase activity in tubers. **Plant Pathology**, Chichester, v. 70, n. 8, p. 1945-1959, 2021.

MASOTTI, F.; GARAVAGLIA, B. S.; PIAZZA, A.; BURDISSO, P.; ALTABE, S.; GOTTIG, N.; OTTADO, J. Bacterial isolates from Argentine Pampas and their ability to degrade glyphosate. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 774, p. 145761, 2021.

MEANS, N. E.; KREMER, R. J.; RAMSIER, C. Effects of glyphosate and foliar amendments on activity of microorganisms in the soybean rhizosphere. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, New York, v. 42, n. 2, p. 125-132, 2007.

- MENGISTU, A., REDDY, K. N., ZABLOTOWICZ, R. M., WRATHER, A. J. Propagule densities of *Macrophomina phaseolina* in soybean tissue and soil as affected by tillage, cover crop, and herbicide. **Plant Health Progress**, St. Paul, v. 10, n. 1, p. 28, 2009.
- MESKIMEN, G. F.; ROCKWOOD, D. L.; REDDY, K. V. Development of *Eucalyptus* clones for a summer rainfall environment with periodic severe frosts. **New Forests**, Dordrecht, v. 1, n. 3, p. 197-205, 1987.
- MESNAGE, R.; ANTONIOU, M. N. Computational modelling provides insight into the effects of glyphosate on the shikimate pathway in the human gut microbiome. **Current Research in Toxicology**, Amsterdam, v. 1, p. 25-33, 2020.
- MCDOWELL, N.; POCKMAN, W. T.; ALLEN, C. D.; BRESHEARS, D. D.; COBB, N.; KOLB, T.; PLAUT, J.; SPERRY, J.; WEST, A.; WILLIAMS, D. G.; YEPEZ, E. A. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? **New phytologist**, Chichester, v. 178, n. 4, p. 719-739, 2008.
- MORAES, P. V. D.; ROSSI, P. Comportamento ambiental do glifosato. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 9, n. 3, 2010.
- NAKAZAWA, A.; NOZUE, M.; YASUDA, H.; TAKEBA, G.; KUBO, H. Expression pattern and gene structure of phenylalanine ammonia-lyase in *Pharbitis nil*. **Journal of Plant Research**, Tokyo, v. 114, n. 3, p. 323-328, 2001.
- NAMBIAR, E. K. S.; SANDS, R. Competition for water and nutrients in forests. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 23, n. 10, p. 1955-1968, 1993.
- NASCENTES, R. F.; CARBONARI, C. A.; SIMÕES, P. S.; BRUNELLI, M. C.; VELINI, E. D.; DUKE, S. O. Low doses of glyphosate enhance growth, CO₂ assimilation, stomatal conductance and transpiration in sugarcane and eucalyptus. **Pest Management Science**, Oxford, v. 74, n. 5, p. 1197-1205, 2018.
- OBOJSKA, A.; LEJCZAK, B.; KUBRAK, M. Degradation of phosphonates by streptomycete isolates. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Heidelberg, v. 51, n. 6, p. 872-876, 1999.
- OGUNWANDE, I. A.; OLAWORE, N. O.; SCHMIDT, J. M.; SETZER, W. N.; WALKER, T. M.; SILIFAT, J. T.; OLALEYE, O. N.; ABOABA, S. A. In Vitro Cytotoxicity Activitie of Essential Oils of *Eucalyptus Torrelia* F. v. Muell (Leaves and Fruits). **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, Abingdon, v. 8, n. 2, p. 110-119, 2005.
- PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. V. 3, p. 417-453.
- PATIL, V. U.; GIRIMALLA, V.; SAGAR, V.; CHAUHAN, R. S.; CHAKRABARTI, S. K. Genome sequencing of four strains of Phylotype I, II and IV of *Ralstonia*

solanacearum that cause potato bacterial wilt in India. **Brazilian Journal of Microbiology**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 193-195, 2017.

PERUZZO, P. J.; PORTA, A. A.; RONCO, A. E. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 156, n. 1, p. 61-66, 2008.

PICCOLO, A.; CELANO, G.; PIETRAMELLARA, G. Adsorption of the herbicide glyphosate on a metal-humic acid complex. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 123, p. 77-82, 1992.

PIPKER, R.; AMRHEIN, N. Degradation of the phosphonate herbicide glyphosate by *Arthrobacter atrocyaneus* ATCC 13752. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 54, n. 5, p. 1293-1296, 1988.

PONGPANICH, K. Eucalyptus pathology in Thailand. *Eucalyptus* disease and their management. Kasetsart University Bangkok. **ACIAR**, v. 9441, p. 6-8, 2000.

PRATA, F. **Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina**. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-05022003-111013/publico/fabio.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2021.

PRZEMIENIECKI, S. W.; KUROWSKI, T. P.; DAMSZEL, M. M.; KARWOWSKA, A.; ADAMIAK, E. Effect of roundup 360 sl on survival of *Pseudomonas* sp. SP0113 strain and effective control of phytopathogens. **Journal Agricultural Science and Technogy**, Tehran, v. 19, p. 1417-1427, 2018.

RAN, L. X.; LIU, C. Y.; WU, G. J.; VAN LOON, L. C.; BAKKER, P. A. H. M. Suppression of bacterial wilt in *Eucalyptus urophylla* by fluorescent *Pseudomonas* spp. in China. **Biological Control**, Maryland Heights, v. 32, n. 1, p. 111-120, 2005.

RATCLIFF, A. W.; BUSSE, M. D.; SHESTAK, C. J. Changes in microbial community structure following herbicide (glyphosate) additions to forest soils. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 34, n. 2-3, p. 114-124, 2006.

ROCKWOOD, D. L.; NAIDU, C. V.; CARTER, D. R.; RAHMANI, M.; SPRIGGS, T.; LIN, C.; ALKER, G. A.; ISEBRANDS, J. G.; SEGREST, S. A. Short-rotation woody crops and phytoremediation: opportunities for agroforestry?. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 61/62, p. 51-63, 2004.

ROCKWOOD, D. L.; RUDIE, A. W.; RALPH, S. A.; ZHU, J. Y.; WINANDY, J. E. Energy product options for *Eucalyptus* species grown as short rotation woody crops. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 9, n. 8, p. 1361-1378, 2008.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 3. ed. Londrina: IAPAR, 1995. 696 p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. C. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: IAPAR, 2005. 591 p.

ROSE, M. T.; CAVAGNARO, T. R.; SCANLAN, C. A.; ROSE, T. J.; VANCOR, T.; KIMBER, S.; KENNEDY, I. S.; KOOKANA, R. S.; VAN ZWIETEN, L. Impact of herbicides on soil biology and function. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 136, p. 133-220, 2016.

SAFNI, I.; CLEENWERCK, I.; DE VOS, P.; FEGAN, M.; SLY, L.; KAPPLER, U. Polyphasic taxonomic revision of the *Ralstonia solanacearum* species complex: proposal to emend the descriptions of *Ralstonia solanacearum* and *Ralstonia syzygii* and reclassify current *R. syzygii* strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* subsp. nov., *R. solanacearum* phylotype IV strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis* subsp. nov., banana blood disease bacterium strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* subsp. nov. and *R. solanacearum* phylotype I and III strains as *Ralstonia pseudosolanacearum* sp. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, London, v. 64, n. Pt_9, p. 3087-3103, 2014.

SAMSEL, A.; SENEFF, S. Glyphosate's suppression of cytochrome P450 enzymes and amino acid biosynthesis by the gut microbiome: pathways to modern diseases. **Entropy**, Basel, v. 15, n. 4, p. 1416-1463, 2013.

SANTIAGO, T. R.; GRABOWSKI, C.; MIZUBUTI, E. S. G. First report of bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* on *Eucalyptus* sp. in Paraguay. **New Disease Reports**, Reading, v. 29, n. 2, 2014.

SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JUNIOR, A. **Doenças do eucalipto no sul do Brasil**: identificação e controle. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. Circular Técnica (INFOTECA-E), 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPQ-2009-09/15739/1/circ-tec45.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2021.

SHARMA, S. D.; SINGH, M. Environmental factors affecting absorption and bio-efficacy of glyphosate in Florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*). **Crop Protection**, Amsterdam, v. 20, n. 6, p. 511-516, 2001.

SHINABARGER, D. L.; BRAYMER, H. D. Glyphosate catabolism by *Pseudomonas* sp. strain PG2982. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 168, n. 2, p. 702-707, 1986.

SILVA, F. C. E.; SHVALEVA, A.; MAROCO, J. P.; ALMEIDA, M. H.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. **Tree Physiology**, Oxford, v. 24, n. 10, p. 1165-1172, 2004.

SILVA, V.; MONTANARELLA, L.; JONES, A.; FERNÁNDEZ-UGALDE, O.; MOL, H. G.; RITSEMA, C. J.; GEISSEN, V. Distribution of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in agricultural topsoils of the European Union. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 621, p. 1352-1359, 2018.

SMITH, E. F. A bacterial disease of the tomato, eggplant and Irish potato (*Bacillus solanacearum* nov. sp.). **US Dept. Agric. Div. Veg. Phys. Path. Bull.**, v. 12, p. 1-26, 1896.

SON, L. T.; HAI, T. M.; LINH, D. T. Electrochemical Generation of Hydrogen Peroxide for Fenton Process for Glyphosate Herbicide Treatment. **VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences**, Lisle, v. 33, n. 4, p. 1-8, 2017.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 10, n. 1, p. 18, 2011.

STRUGER, J.; VAN STEMPOORT, D. R.; BROWN, S. J. Sources of aminomethylphosphonic acid (AMPA) in urban and rural catchments in Ontario, Canada: glyphosate or phosphonates in wastewater? **Environmental Pollution**, Oxford, v. 204, p. 289-297, 2015.

SUDO, S.; OLIVEIRA, G. H. N.; PEREIRA, A. C. Eucalipto (*Eucalyptus sp.*) e bracinga (*Mimosa scabrella* Penth), novos hospedeiros de *Pseudomonas solanacearum* EF Smith. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 3, p. 631, 1983.

SUN, L.; KONG, D.; GU, W.; GUO, X.; TAO, W.; SHAN, Z.; WANG Y.; WANG, N. Determination of glyphosate in soil/sludge by high performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1502, p. 8-13, 2017.

SUN, M.; LI, H.; JAISI, D. P. Degradation of glyphosate and bioavailability of phosphorus derived from glyphosate in a soil-water system. **Water Research**, Oxford, v. 163, p. 114840, 2019.

SVIRIDOV, A. V.; SHUSHKOVA, T. V.; ERMAKOVA, I. T.; IVANOVA, E. V.; EPIKTETOV, D. O.; LEONTIEVSKY, A. A. Microbial degradation of glyphosate herbicides. **Applied Biochemistry and Microbiology**, Moscow, v. 51, n. 2, p. 188-195, 2015.

TOURNIER, V.; GRAT, S.; MARQUE, C.; EL KAYAL, W.; PENCHEL, R.; ANDRADE, G.; BOUDET, A. M.; TEULIERES, C. An efficient procedure to stably introduce genes into an economically important pulp tree (*Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla*). **Transgenic Research**, Dordrecht, v. 12, n. 4, p. 403-411, 2003.

UMESHA, S. Note: Phenylalanine ammonia lyase activity in tomato seedlings and its relationship to bacterial canker disease resistance. **Phytoparasitica**, Dordrecht, v. 34, n. 1, p. 68-71, 2006.

VALENTE, T. C. T. **Expressão gênica e atividade de catalase e fenilalanina amônia liase ativadas por indutores de resistência em cafeeiro**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6765/Dissertacao_Thais%20Caina%20Teixeira%20Valente.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 9 nov. 2021.

VASSE, J.; FREY, P.; TRIGALET, A. Microscopic studies of intercellular infection and protoxylem invasion of tomato roots by *Pseudomonas solanacearum*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, St. Paul, v. 8, n. 2, p. 241-251, 1995.

VARELLA, C. A. A. **Análise de componentes principais**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008. Disponível em: <https://portal.ufrrj.br/>. Acesso em: 09 nov. 2021.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**. v. 14, 235-276, 2007.

VEIGA, F.; ZAPATTA, J. M.; MARCOS, F.; ALVAREZ, E. Dynamics of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in a forest soil in Galicia, north-west Spain. **The Science of the Total Environment**, Orlando, v. 271, n.1-3, p.135-144, 2001.

VOMERO P. A. S. Z. **Intensidade de doenças fúngicas e bacterianas em diferentes etapas da produção de mudas de eucalipto em um viveiro clonal**. 2018. Tese (Doutorado em Ciência Florestal).- Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/180714>. Acesso em: 07 jan. 2021.

WAIMAN, C. V.; AVENA, M. J.; REGAZZONI, A. E.; ZANINI, G. P. A real time in situ ATR-FTIR spectroscopic study of glyphosate desorption from goethite as induced by phosphate adsorption: Effect of surface coverage. **Journal of Colloid and Interface Science**, Philadelphia, v. 394, p. 485-489, 2013.

WANG, Y.; ARNOLD, R.; LI, G.; XIE, Y.; ZHOU, X. Identification and rapid detection of bacterial wilt in plantation *Eucalyptus* in China. **Australian Forestry**, Melbourne, v. 77, n. 2, p. 133-139, 2014.

WARDLE, D. A.; PARKINSON, D. Effects of three herbicides on soil microbial biomass and activity. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 122, n. 1, p. 21-28, 1990.

WICKER, E.; GRASSART, L.; CORANSON-BEAUDU, R.; MIAN, D., GUILBAUD, C.; FEGAN, M.; PRIOR, P. *Ralstonia solanacearum* strains from Martinique (French West Indies) exhibiting a new pathogenic potential. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 73, n. 21, p. 6790-6801, 2007.

WILLIAMS, G. M.; KROES, R.; MUNRO, I. C. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Columbia, v. 31, n. 2, p. 117-165, 2000.

YABUUCHI, E.; KOSAKO, Y.; YANO, I.; HOTTA, H.; NISHIUCHI, Y. Transfer of two *Burkholderia* and an *Alcaligenes* species to *Ralstonia* gen. nov.: proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleroni and Doudoroff 1973) comb. nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) comb. nov. **Microbiology and Immunology**, Richmond, v. 39, n. 11, p. 897-904, 1995.

ZABALOY, M. C.; GÓMEZ, M. A. Microbial respiration in soils of the argentine pampas after metsulfuron methyl, 2, 4-D, and glyphosate treatments. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, n. 3-4, p. 370-385, 2008.

ZHANG, W.; FENGA, Y.; MA, L.; AN, J.; ZHANG, H.; CAO, M.; ZHU, H.; KANG, W.; LIAN, K. Degradation dynamics of glyphosate in different types of citrus orchard soils in China. **Molecules**, Basel, v. 20, n. 1, p. 1161-1175, 2015.