Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 04/09/2027

At the author's request, the full text of this dissertation will not be available online until Sep. 04, 2027

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

HEITOR SCARAMUSSA DALLAPICCOLA

IDADE CRÍTICA DE CONTROLE E MODELAGEM DA MATOCOMPETIÇÃO EM PLANTAÇÕES TROPICAIS DE EUCALIPTO

Botucatu
2025

HEITOR SCARAMUSSA DALLAPICCOLA

IDADE CRÍTICA DE CONTROLE E MODELAGEM DA MATOCOMPETIÇÃO EM PLANTAÇÕES TROPICAIS DE EUCALIPTO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientador(a): Clayton Alcarde Alvares
Coorientador(a): Caio Antônio Carbonari

Botucatu

2025

D144i

Dallapiccola, Heitor Scaramussa
Idade crítica de controle e modelagem da matocompetição em plantações tropicais de eucalipto / Heitor Scaramussa Dallapiccola. -- Botucatu, 2025
116 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Clayton Alcarde Alvares
Coorientador: Caio Antônio Carbonari

1. Período de interferência. 2. Competição. 3. Eucaliptocultura. 4. Biomassa de plantas daninhas. 5. Modelagem estatística. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

IDADE CRÍTICA DE CONTROLE E MODELAGEM DA MATOCOMPETIÇÃO EM PLANTAÇÕES TROPICAIS DE EUCALIPTO

AUTOR: HEITOR SCARAMUSSA DALLAPICCOLA

ORIENTADOR: CLAYTON ALCARDE ALVARES

COORIENTADOR: CAIO ANTONIO CARBONARI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência Florestal, pela Comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
CLAYTON ALCARDE ALVARES
Data: 04/09/2025 12:50:08-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Pesquisador Dr. CLAYTON ALCARDE ALVARES (Participaçao Virtual)
Tecnologia Florestal / Suzano Papel e Celulose

gov.br Documento assinado digitalmente
WENDEL MAGNO DE SOUZA
Data: 05/09/2025 18:25:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Pesquisador Dr. WENDEL MAGNO DE SOUZA (Participaçao Presencial)
Sanidade e Proteção Florestal / Suzano S.A.

gov.br Documento assinado digitalmente
LEANDRO TROPALDI
Data: 04/09/2025 14:54:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. LEANDRO TROPALDI (Participaçao Presencial)
Produção Vegetal / FCAT UNESP - Dracena

Botucatu, 04 de setembro de 2025.

A minha esposa Rosângela e aos
meus filhos Davi e Helena

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e força para superar os desafios ao longo desta jornada.

À minha esposa, Rosângela, e aos meus filhos, Davi e Helena, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo em todos os momentos.

Aos meus pais, Itamar e Dulce Helena, por acreditarem nos meus sonhos e me ensinarem o valor da dedicação e do trabalho.

À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pelos ensinamentos compartilhados e pela contribuição à minha formação acadêmica.

Ao meu orientador, Clayton Alvares, e ao coorientador, Caio Carbonari, pela orientação competente, paciência e disponibilidade, fundamentais para meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos membros da banca, pelas valiosas contribuições que enriqueceram este trabalho.
À Suzano S.A., pela oportunidade de capacitação profissional e pela estrutura disponibilizada para o desenvolvimento deste estudo.

A todo o time de Manejo Florestal (GMF) da Suzano, pelo apoio constante, pelas orientações e pela colaboração nas decisões tomadas ao longo do processo.

À Gerência de Sanidade, Proteção e Fisiologia Florestal (GSPF), em especial ao meu gestor, Everton Pires Soliman, pelo incentivo, amizade e confiança.

Aos meus eternos gestores, amigos e colaboradores, que foram essenciais para eu chegar até aqui: Edival Zauza, Leandro de Siqueira, Aguinaldo J. de Souza, Reginaldo Mafia, Fernando Bertolucci, Maria C. Zonete, Luiz F. Moraes, José L. Stape, Italo Cegatta, Wendel, M. de Souza, Francisco J. Gomes, Manoel M. Neto, Hermogenes R. Sousa, Antônia B. Silva e Evandro Miranda. Registro aqui minha sincera gratidão.

Aos colegas do NUPAM (Saulo, Raphael, Renato, Diego, Marcelo, Guilherme) e às amizades conquistadas durante essa jornada, em especial Maicon S. da Silva, pelo apoio e companheirismo.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação.

“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça"

(Isaías 41:10)

RESUMO

O manejo eficaz das plantas daninhas é prática fundamental para a manutenção da produtividade do eucalipto. Este estudo teve como objetivos quantificar as perdas causadas pela matocompetição, estimar a Idade Crítica de Controle (ICC) em diferentes biomas e desenvolver, além de validar, ferramentas para a predição espacial do volume de madeira. Para tal, sete ensaios foram conduzidos na Amazônia e no Cerrado, sob gradientes de convivência e controle (períodos), com mensurações anuais e estimativas alométricas de crescimento. Em seguida, avaliou-se a biomassa por grupo de planta daninha em função do grau de matocompetição (GM). Por fim, dados edafoclimáticos foram integrados a um modelo estatístico empírico para estimar a produtividade em função das perdas por interferência de plantas daninhas. A ausência de controle reduziu o volume total (VT) em até 52,6%, enquanto o tratamento sem interferência superou 350 $m^3\ ha^{-1}$ de madeira. A ICC média foi de 2,65 anos, sendo maior na Amazônia (>2,9) e menor no Cerrado (<2,2), refletindo dinâmicas contrastantes de competição. Em relação a modelagem matemática, a biomassa das plantas daninhas mostrou-se um indicador eficiente para estimar perdas de produtividade, sendo integrada ao índice Grau de Matocompetição (GM), recalibrado (GMnovo) e validado com alta significância ($p < 10^{-59}$) e aderência ($R^2 > 0,80$). Um modelo de regressão múltipla para VT apresentou elevado poder explicativo ($R^2 = 0,94$), integrando variáveis climáticas, dendrométricas e níveis de interferência. A modelagem espacial evidenciou redução progressiva de VT com o aumento do GM, com perdas médias de até 48,5 $m^3\ ha^{-1}$ aos seis anos, e máximas de 85,5 $m^3\ ha^{-1}$ sob condições críticas. Diferenças funcionais (FLG vs. FLE: 8,1 $m^3\ ha^{-1}$; ≈4,1%) e variações entre municípios reforçam a importância do controle até o meio do ciclo. Conclui-se que o controle até três anos é crucial para mitigar perdas significativas em áreas de alta competição. A biomassa foi um preditor eficiente das perdas, e o modelo desenvolvido oferece base técnica para decisões de manejo em distintos contextos edafoclimáticos.

Palavras-chaves: período de interferência; competição; eucaliptocultura; biomassa de plantas daninhas; modelagem estatística.

ABSTRACT

Effective weed management is essential for maintaining eucalyptus productivity. This study aimed to quantify losses caused by weed-crop competition, estimate the Critical Age Control (CAC) across different biomes, and develop and validate tools for spatial prediction of wood volume. To achieve this, seven trials were conducted in Amazon and Cerrado biomes under gradients of coexistence and control (periods), with annual measurements and allometric growth estimates. Subsequently, biomass was analyzed by weed group in function of weed-crop competition degree (WCD). Finally, edaphoclimatic data were integrated into an empirical statistical model to estimate productivity losses due to weed interference. Absence of control reduced total volume (TV) by up to 52.6%, while interference-free treatments exceeded 350 m^3 ha^{-1} of wood. The average CAC was 2.65 years, being higher in Amazon (>2.9) and lower in Cerrado (<2.2), reflecting contrasting competition dynamics. Regarding mathematical modeling, weed biomass proved to be an efficient indicator for estimating productivity losses, integrated into the recalibrated Weed-crop Competition degree index and validated with high significance ($p < 10^{-59}$) and strong fit ($R^2 > 0.80$). A multiple regression model for TV showed high explanatory power ($R^2 = 0.94$), integrating climatic, dendrometric, and interference variables. Spatial modeling revealed a progressive reduction in TV with increasing WCD, with average losses of up to 48.5 m^3 ha^{-1} at six years and maximum losses of 85.5 m^3 ha^{-1} under critical conditions. Functional differences (FLG vs. FLE: 8.1 m^3 ha^{-1}) and variations among cities reinforce the importance of control until mid-cycle. In conclusion, control up to three years is crucial to mitigate significant losses in high-competition areas. Biomass was an efficient predictor of losses, and the developed model provides a technical basis for management decisions in different edaphoclimatic contexts.

Keywords: critical period of weed control; competition; eucalyptus plantation; weed biomass; statistical modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1 – IMPACTO NA PRODUTIVIDADE E IDADE CRÍTICA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO CULTIVO DO EUCALIPTO

Figura 1 - Mapa de localização dos sítios experimentais 38
Figura 2 - Croqui experimental: tratamentos e áreas de controle 42
Figura 3 - Tratamentos: esquema dos períodos de convivência e controle 44
Figura 4 - Registros fotográficos: práticas de manutenção das parcelas 46
Figura 5 - Biometria: ilustração das variáveis dendrometricas mensuradas 47
Figura 6 - Volume total (VT, m^3 ha^{-1}) em função dos períodos de controle/convivência e sítios 51
Figura 7 - Incremento médio anual (IMA, m^3 ha^{-1} ano) em função dos períodos de controle/onvivência e sítios 53
Figura 8 - Volume total (VT, m^3 ha^{-1}) em função da idade, periodos de controle/convivência e sítios 56
Figura 9 - Idade crítica de controle (ICC) em função dos períodos de controle/convivência (contraste) e sítios 58

CAPÍTULO 2 – MODELAGEM DA INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO

Figura 10 - Ilustração do indicador Grau de Matocompetição (GM) 83
Figura 11 - Visualização dos diferente níveis de GM (gramíneas) 85
Figura 12 - Registros fotográficos: campanha de biomassa (Kg) 86
Figura 13 - Fluxograma, metodológia e espacialização da modelagem VT 90
Figura 14 - Relação entre o GM genérico e a biomassa (Kg) por grupo de ervas: comparação entre índice original e modelo revisado 91
Figura 15 - Calibração do índice GM novo em função da ocorrência e intensidade da biomassa (Kg) observada 93
Figura 16 - Relação entre o índice GM novo e a biomassa (Kg) de ervas para dois modelos distintos 94
Figura 17 - Gráficos diagnóstico do modelo de regressão linear múltipla 96
Figura 18 - Relação entre VT (m^3 ha^{-1}) observado e estimado pelo modelo de regressão global 97

Figura 19 - Relação entre VT (m^3 ha^{-1}) observado e estimado pelo modelo de regressão para os diferentes sítios 98
Figura 20 - Distribuição espacial do VT (m^3 ha^{-1}) sob diferentes níveis de matocompetição (2018–2023, grupo FLG) 102
Figura 21 - Distribuição espacial do VT (m^3 ha^{-1}) sob diferentes níveis de matocompetição (2018–2023, grupo FLG) 103
Figura 22 - Distribuição espacial do VT (m^3 ha^{-1}) comparando grupos funcionais (FLG vs FLE) no período 2010–2015 104

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – IMPACTO NA PRODUTIVIDADE E IDADE CRÍTICA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO CULTIVO DO EUCALIPTO

Tabela 1 - Localização dos sítios e suas características geográficas 39
Tabela 2 - Caracterização climática dos diferentes sítios 39
Tabela 3 - Caracterização química do solo dos diferentes sítios 40
Tabela 4 - Caracterização física dos sítios e classificação textural do solo 41
Tabela 5 - Premissas e recomendações técnicas 43
Tabela 6 - Tratamentos: mnemônicos (mnm), área com controle/convivência (%), períodos de convivência e controle (anos) 43
Tabela 7 - Volume Total (VT, m³ ha^{-1}) por sítio e bioma: controle total (A.06) vs convivência (A.00), diferença absoluta e redução relativa (%) 52
Tabela 8 - Incremento Médio Anual (IMA, m³ ha^{-1} ano) por sítio e bioma: controle total (A.06) vs convivência (A.00), diferença e redução (%) 55
Tabela 9 - Parâmetros e estatísticas dos modelos ICC 60

CAPÍTULO 2 – MODELAGEM DA INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO

Tabela 10 - Premissas para amostragem da biomassa (Kg) conforme níveis do índice de matocompetição (GM) 84
Tabela 11 - ANOVA: comparação entre modelo genérico e completo (efeitos de grupo morfológico) na estimativa do GM 92
Tabela 12 - Parâmetros do modelo para índice GM novo 93
Tabela 13 - Coeficientes do modelo: predição do VT (m³ ha^{-1}) aos 6 anos 96
Tabela 14 - Volume total (VT, m³ ha^{-1}) predito aos 6 anos vs níveis GM: Cenário 1 (clima 2018–2023, biomassa FLG) 99
Tabela 15 - Volume total (VT, m³ ha^{-1}) predito aos 6 anos vs níveis GM: Cenário 2 (clima 2010–2015, biomassa FLG) 100
Tabela 16 - Volume total (VT, m³ ha^{-1}) predito aos 6 anos vs níveis GM: Cenário 3 (clima 2010–2015, biomassa FLG vs FLE) 101

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL 21
CAPÍTULO 1 24
IMPACTO NA PRODUTIVIDADE E IDADE CRÍTICA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO CULTIVO DO EUCALIPTO 24
RESUMO 24
ABSTRACT 25
1.1 INTRODUÇÃO 26
REVISÃO DE LITERATURA 28
1.1.1 Cultivo do eucalipto 28
1.1.2 Plantas daninhas: Biologia e manejo 29
1.1.3 Interferência das plantas daninhas 32
1.2 MATERIAL E MÉTODOS 38
1.2.1 Descrição da Área de estudo 38
1.2.2 Caracterização do clima e solo 39
1.2.3 Delineamento experimental e tratamentos 41
1.2.4 Instalação e condução do experimento 44
1.2.5 Medições biométricas 46
1.2.6 Análise dos dados 48
1.3 RESULTADOS 50
1.3.1 Volume total (VT) 50
1.3.2 Incremento médio anual (IMA) 52
1.3.3 Volume total (VT) ao longo do tempo 55
1.3.4 Idade crítica de controle (ICC) 58
1.4 DISCUSSÃO 60
1.4.1 Interferência das plantas daninhas na produtividade 60
1.4.2 Idade crítica de controle 62
CONCLUSÕES 65
REFERÊNCIAS 66

CAPÍTULO 2 75

MODELAGEM DA INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO 75

RESUMO 75

ABSTRACT 76

2.1 INTRODUÇÃO 77

REVISÃO DE LITERATURA 78

2.1.1 Modelagem empírica aplicada ao manejo de plantas daninhas 78

2.2 MATERIAL E MÉTODOS 82

2.2.1 Monitoramento de plantas daninhas 82

2.2.2 Grau de matocompetição (GM) 83

2.2.3 Biomassa de plantas daninhas 84

2.2.4 Revisão do Grau de Matocompetição (GM) com base na biomassa 87

2.2.5 Modelagem e espacialização do estoque volumétrico de madeira 88

2.3 RESULTADOS 91

2.3.1 Desempenho do modelo original e revisão do grau de matocompetição 91

2.3.2 Avaliação estatística do desempenho do modelo de predição volumétrica 95

2.3.3 Modelagem espacial do volume de madeira em cenários contrastantes 99

2.4 DISCUSSÃO 105

2.4.1 Biomassa dos grupos 105

2.4.2 Modelo matemático para predição da produtividade 106

CONCLUSÕES 108

REFERÊNCIAS 109

CONSIDERAÇÕES FINAIS 114

REFERÊNCIAS 115

INTRODUÇÃO GERAL

O setor florestal brasileiro ocupa posição estratégica no cenário global, sustentado pela expressiva expansão das áreas plantadas com espécies de rápido crescimento, especialmente o eucalipto. Essa cultura consolidou-se como a principal base produtiva das florestas plantadas no país, respondendo por aproximadamente 76% dessas áreas, o que corresponde a cerca de 7,8 milhões de hectares (IBÁ, 2024; Santos; Souza; Deutschmann, 2024). Tal protagonismo decorre da elevada produtividade, da adaptabilidade genética e da capacidade de resposta a diferentes condições edafoclimáticas, atributos que resultam de décadas de investimento em melhoramento genético, seleção clonal e aprimoramento das práticas silviculturais (Grattapaglia *et al.,* 2011; Freire, 2023).

Apesar dos avanços tecnológicos, a fase inicial de estabelecimento das plantações permanece como um dos pontos mais críticos do ciclo florestal. Nesse estágio, as mudas apresentam crescimento lento e baixa competitividade, tornando-se vulneráveis à interferência de fatores bióticos e abióticos, com destaque para a competição com plantas daninhas (Mendes; Silva, 2022). Essa interação compromete a utilização de recursos essenciais, como luz, água e nutrientes, refletindo-se em perdas de crescimento, sobrevivência e uniformidade do povoamento, com impactos diretos na produtividade e na qualidade da madeira (Medeiros *et al*., 2016).

A complexidade do manejo é ampliada pela elevada plasticidade fenotípica das espécies infestantes e pela crescente ocorrência de biótipos resistentes, decorrente do uso repetitivo de herbicidas com mecanismos de ação semelhantes (García *et al*., 2020; Mendes *et al*., 2022). Nesse cenário, estratégias integradas de manejo tornam-se indispensáveis para garantir a sustentabilidade e a viabilidade econômica do setor (Hazarika *et al*., 2024; Zou *et al*., 2024).

A definição de períodos seguros para controle das plantas daninhas é um componente central dessas estratégias. Conceitos como o Período Crítico de Prevenção à Interferência (PCPI) e a Idade Crítica de Controle (ICC) têm sido empregados para orientar práticas de manejo, assegurando o pleno estabelecimento das mudas e a preservação do potencial produtivo (Pitelli; Durigan, 1984; Biffe; Constantin; Oliveira Júnior, 2018). Entretanto, a determinação desses parâmetros em sistemas florestais

perenes apresenta desafios metodológicos, exigindo abordagens adaptadas à complexidade operacional e à variabilidade ambiental.

Nesse contexto, a modelagem matemática emerge como ferramenta estratégica para representar processos biológicos e de manejo, além de subsidiar decisões em sistemas produtivos complexos (Holst, 2020; Radosevich; Holt; Ghersa, 2007). A aplicação de modelos permite estimar perdas de produtividade em função da intensidade e da duração da interferência, bem como avaliar cenários de manejo sob diferentes condições edafoclimáticas. Embora modelos empíricos sejam amplamente utilizados pela simplicidade e rapidez de implementação (Cousens, 1985a; Swinton *et al*., 1994), sua integração com tecnologias emergentes, como sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica e inteligência artificial amplia a capacidade de monitoramento e a precisão das estimativas, favorecendo estratégias mais sustentáveis e economicamente eficientes (Markus *et al*., 2019; Montull *et al*., 2024).

Apesar dos avanços, persistem lacunas na calibração de modelos para condições tropicais, na incorporação de variáveis ambientais e na integração com sistemas de suporte à decisão aplicáveis ao campo. Essas limitações reforçam a necessidade de estudos que combinem experimentação de longo prazo com modelagem preditiva, visando fornecer subsídios técnicos e científicos para práticas de manejo mais eficientes e sustentáveis. A relevância deste estudo decorre da importância econômica e ambiental do setor florestal brasileiro e da necessidade de aprimorar estratégias de manejo de plantas daninhas em sistemas de eucalipto.

A fase inicial do ciclo produtivo é determinante para o desempenho da cultura, e falhas no controle da interferência podem comprometer irreversivelmente a produtividade ao longo de todo o ciclo. Além disso, a crescente pressão por práticas sustentáveis e pela redução do uso indiscriminado de herbicidas exige soluções baseadas em conhecimento técnico, capazes de integrar eficiência operacional, viabilidade econômica e mitigação de impactos ambientais. A determinação da Idade Crítica de Controle (ICC) e o desenvolvimento de modelos preditivos adaptados às condições tropicais representam avanços significativos para subsidiar decisões estratégicas, reduzir incertezas e promover a competitividade do setor.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivos avaliar os efeitos da interferência das plantas daninhas sobre a produtividade do eucalipto ao longo do ciclo produtivo, determinando a Idade Crítica de Controle (ICC) em diferentes condições ambientais, e desenvolver e validar um modelo empírico capaz de estimar perdas de

produtividade decorrentes da interferência, incorporando condicionantes edáficos, climáticos e biológicos. A proposta busca fornecer subsídios técnicos e científicos para a adoção de práticas de manejo mais eficientes e sustentáveis, contribuindo para a competitividade e a sustentabilidade da produção florestal brasileira.

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 04/09/2027

At the author's request, the full text of this dissertation will not be available online until Sep. 04, 2027

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interferência de plantas daninhas pode reduzir em até 53% a produtividade do eucalipto, especialmente em regiões tropicais. Isso destaca a importância de estratégias de manejo baseadas na idade crítica de controle, estimada em média em 2,65 anos após o plantio.

O índice GM_novo mostrou-se uma ferramenta eficaz para o monitoramento, e sua aplicação em um modelo genérico validado amplia o uso em diferentes regiões com menor complexidade.

A modelagem estatística permitiu quantificar com precisão os impactos da matocompetição, evidenciando a relação direta entre o aumento da biomassa de plantas daninhas e a redução do volume de madeira.

Assim, os modelos desenvolvidos são instrumentos valiosos para prever perdas e apoiar decisões no manejo integrado, contribuindo para maior eficiência, sustentabilidade e rentabilidade dos plantios de eucalipto.

Face ao exposto, novos estudos são necessários para refinar a idade crítica de controle e aprimorar modelos de produtividade ajustados ao ciclo completo do eucalipto, visando maior precisão no manejo de plantas daninhas.

REFERÊNCIAS

BIFFE, Denis Fernando; CONSTANTIN, Jamil; OLIVEIRA JUNIOR, RS de. Interferência das plantas daninhas nas plantas cultivadas. **Hortaliças-fruto-EDUEM**, p. 339-355, 2018.

FREIRE, Henrique Silva Araújo. Interação genótipos x ambientes em híbridos multiespécies de Eucalyptus para tolerância à seca. 2023. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

GARCÍA, Maria J. et al. Multiple mutations in the EPSPS and ALS genes of Amaranthus hybridus underlie resistance to glyphosate and ALS inhibitors. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 17681, 2020.

GRATTAPAGLIA, Dario et al. High-throughput SNP genotyping in the highly heterozygous genome of Eucalyptus: assay success, polymorphism and transferability across species. **BMC plant biology**, v. 11, n. 1, p. 65, 2011.

HAZARIKA, J. R.; DEKA, A. M.; BORAH, B.; GOGOI, B.; GOGOI, A.; KALITA, B.; BORDOLOI, P. K.; DEVANATH, H. K. Weed flora shift as affected by cropping systems. **International Journal of Research in Agronomy**, v. SP-7, n. 8, p. 415–420, 2024.

HOLST, Niels. Mathematical Models. In: **Decision Support Systems for Weed Management**. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 3-23.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Relatório anual. n. 96, 2024. Disponível em: <https://iba.org/publicacoes/relatorios>. Acesso em: 20 abr. 2025.

MARKUS, C.; ANGONESE, L. S.; VIAN, A. L.; FRANCESCHETTE, J. A. B.; MORAIS, G. L.; MEROTTO JÚNIOR, A.; SCHEEREN, I. Desenvolvimento de algoritmo de reconhecimento de plantas daninhas através de inteligência artificial para aplicação localizada de herbicidas. In**: Anais do XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2019. Acesso em: 2 nov. 2025.

MEDEIROS, Wilker Nunes et al. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis sob interferência de plantas daninhas. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 147-157, 2016.

MENDES, Kassio Ferreira; DA SILVA, Antonio Alberto. **Plantas daninhas: biologia e manejo**. Oficina de Textos, 2022.

MENDES, Rafael Romero et al. Sulfonylurea resistance in Amaranthus hybridus from southern Brazil. **Revista Ceres**, v. 69, n. 3, p. 374-378, 2022.

MONTULL, José M. et al. IPMwise: A Decision Support System for multispecies weed control in cereal crops. In: **Decision Support Systems for Weed Management**. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 279-298.

MONTULL, Jose Maria et al. IPMwise–the decision support system for integrated weed management is now available in six European countries. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 47, n. 1, p. 273-277, 2024.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: **Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas**. 1984. p. 37.

RADOSEVICH, Steven R.; HOLT, Jodie S.; GHERSA, Claudio M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. John Wiley & Sons, 2007.

SANTOS, Gabriel Pereira dos; SOUZA, Hendrick da Costa de; DEUTSCHMANN, Mariane Rubin. Benefícios ambientais e econômicos do eucalipto. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2024. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/569/2024/11/BENEFICIOS-AMBIENTAIS-E-ECONOMICOS-DO-EUCALIPTO.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2025.

SWINTON, Scott M. et al. Estimation of crop yield loss due to interference by multiple weed species. **Weed Science**, v. 42, n. 1, p. 103-109, 1994.

ZISKA, Lewis H.; BLUMENTHAL, Dana M.; FRANKS, Steven J. Understanding the nexus of rising CO2, climate change, and evolution in weed biology. **Invasive Plant Science and Management**, v. 12, n. 2, p. 79-88, 2019.

ZOU, Yuzhu et al. Crop rotation and diversification in China: Enhancing sustainable agriculture and resilience. **Agriculture**, v. 14, n. 9, p. 1465, 2024.