**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**

**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

STEFANY MORAIS RAMIRO

# DINÂMICA FITOSSOCIOLÓGICA E USO DO TEMPO TÉRMICO NA PREDIÇÃO DA EMERGÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMAS AGROECOLÓGICO E CONVENCIONAL

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2025**

**STEFANY MORAIS RAMIRO**

# DINÂMICA FITOSSOCIOLÓGICA E USO DO TEMPO TÉRMICO NA PREDIÇÃO DA EMERGÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMAS AGROECOLÓGICO E CONVENCIONAL

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Magister Scientiae.*

Orientador: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa
Coorientador: Diandro Ricardo Barilli, Daniela da Rocha Herrmann

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2025**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ramiro, Stefany Morais
Dinâmica fitossociológica e uso do tempo térmico na predição da emergência de plantas daninhas em sistemas agroecológico e convencional / Stefany Morais Ramiro; orientador Neumárcio Vilanova Costa; coorientadora Daniela da Rocha Herrmann. -- Marechal Cândido Rondon, 2025.
120 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2025.

1. Manejo integrado. 2. Plantas daninhas. 3. Plantas de cobertura. 4. Modelagem. I. Costa, Neumárcio Vilanova , orient. II. Herrmann, Daniela da Rocha , coorient. III. Barilli, Diandro Ricardo , coorient. IV. Título.

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

**STEFANY MORAIS RAMIRO**

Dinâmica fitossociológica e uso do tempo térmico na predição da emergência de plantas daninhas em sistemas agroecológico e convencional

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADA pela seguinte banca examinadora:

Orientador - Neumárcio Vilanova da Costa
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Edmar Soares de Vasconcelos
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

João Ricardo Pompermaier Ramella
Centro Universitário Univel

Marechal Cândido Rondon, 28 de fevereiro de 2025

## AGRADECIMENTOS

A jornada deste mestrado foi repleta de desafios e aprendizados, e não teria sido possível sem o apoio de muitas pessoas.

Agradeço imensamente ao Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa por sua orientação, paciência e dedicação ao longo deste trabalho. Seus ensinamentos foram fundamentais para minha formação e crescimento acadêmico.

Aos colegas do grupo de pesquisa GEMOP minha sincera gratidão pelos momentos de troca de conhecimento, incentivo e parceria. A convivência com vocês tornou esta jornada mais leve e enriquecedora.

À minha família, pela paciência e incentivo em cada etapa desta caminhada. Aos amigos que sempre estiveram por perto, oferecendo palavras de motivação nos momentos mais difíceis, meu sincero obrigado.

Ao meu namorado Gabriel Medina Marques, meu companheiro de todas as horas, que sempre esteve ao meu lado com paciência, amor e incentivo incondicional. Seu apoio foi essencial nos momentos de dúvida e cansaço, e sua presença tornou esta caminhada mais leve e significativa. Obrigada por acreditar em mim, por me lembrar do meu potencial e por compartilhar cada conquista comigo. Este trabalho também é seu.

Agradeço à UNIOESTE e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelo suporte acadêmico e estrutural. À Comissão de Aperfeiçoamento Pessoal do Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsa para realização deste estudo.

Cada contribuição, direta ou indireta, foi essencial para a realização deste trabalho. A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa trajetória, meu profundo agradecimento.

" O sucesso é às vezes o resultado de uma série de fracassos."

Vincent van Gogh

## RESUMO

RAMIRO, Stefany, M. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2025. **Dinâmica fitossociológica e uso do tempo térmico na predição da emergência de plantas daninhas em sistemas agroecológico e convencional**. Orientador: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa.

O levantamento fitossociológico de plantas daninhas a longo prazo pôde fornecer parâmetros confiáveis acerca da diversidade populacional em sistemas agrícolas, auxiliando na avaliação do impacto dos manejos adotados na seleção de espécies. Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar e monitorar, a dinâmica da comunidade de plantas daninhas em sistemas de cultivo agroecológico e convencional. Foram avaliadas cinco áreas com manejo agroecológico e uma área com manejo convencional na estação experimental da Unioeste, em Entre Rios do Oeste, Paraná. Em cada área, foram determinados 20 pontos amostrais fixos e georreferenciados. A emergência de plantas daninhas foi monitorada semanalmente até o fechamento das entrelinhas das culturas. Em cada ponto, utilizou-se um quadro metálico de 0,25m² para delimitar a área de contagem das plantas daninhas. Foram calculados a frequência (FRE), abundância (ABU), densidade de plantas (DEN) e o índice de valor de importância (IVI). Para a determinação dos parâmetros térmicos, foram realizados testes de germinação com nove regimes de temperatura. A partir dos dados, foi calculada a predição de emergência. Foram identificadas 46 espécies de plantas daninhas pertencentes a 15 famílias, sendo Poaceae a mais significativa. A maior diversidade de espécies de plantas daninhas foi encontrada no sistema E com 36 espécies. As áreas do sistema agroecológico com presença de cobertura verde (A, C, D e E) apresentaram redução na emergência de plantas daninhas quando comparadas a área sem a presença de cobertura (B). Foi possível realizar modelos de predição para *Gamochaeta coarctata*, *Conyza canadensis* e *Bidens subalternans*. O modelo térmico não conseguiu prever com precisão a dinâmica de emergência das espécies de plantas daninhas. Isso implica que o modelo de tempo térmico não é eficaz para prever a emergência das daninhas quando há grande variação entre os dados coletados. Isso evidencia a necessidade de aprimorar a abordagem e incorporar outras variáveis para tornar o modelo mais preciso. A variabilidade na emergência ao longo dos anos está diretamente relacionada às flutuações nas temperaturas registradas durante os períodos. Além disso, a

influência do banco de sementes presente nas áreas também pode ter sido um fator que contribuiu para a variabilidade na emergência das plantas daninhas.

**Palavras-chave**: Manejo integrado; plantas daninhas; plantas de cobertura; modelagem.

## ABSTRACT

RAMIRO, Stefany, M. State University of Western Paraná, in February , 2025. **Phytosociological dynamics and the use of thermal time in predicting weed emergence in agroecological and conventional systems**. Advisor: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa.

The long-term phytosociological survey of weeds provided reliable parameters regarding population diversity in agricultural systems, aiding in the assessment of the impact of management practices on species selection. Therefore, this study aimed to evaluate and monitor the dynamics of the weed community in agroecological and conventional cropping systems. Five areas under agroecological management and one area under conventional management were evaluated at the experimental station of Unioeste, in Entre Rios do Oeste, Paraná. In each area, 20 fixed and georeferenced sampling points were established. Weed emergence was monitored weekly until crop canopy closure. At each point, a 0.25m² metal frame was used to delimit the area for weed counting. Frequency (FRE), abundance (ABU), plant density (DEN), and the importance value index (IVI) were calculated. To determine thermal parameters, germination tests were conducted under nine temperature regimes. Based on the data, emergence prediction was calculated. A total of 46 weed species belonging to 15 families were identified, with Poaceae being the most significant. The highest weed species diversity was found in system E, with 36 species. Agroecological system areas with green cover (A, C, D, and E) showed a reduction in weed emergence compared to the area without cover (B). Prediction models were successfully developed for *Gamochaeta coarctata*, *Conyza canadensis*, and *Bidens subalternans*. However, the thermal model failed to accurately predict the emergence dynamics of weed species. This implies that the thermal time model is not effective in predicting weed emergence when there is high variability among collected data. This highlights the need to refine the approach and incorporate additional variables to improve model accuracy. The variability in emergence over the years is directly related to fluctuations in recorded temperatures during the periods. Additionally, the influence of the seed bank present in the areas may have also contributed to the variability in weed emergence.



**Keywords**: Integrated management; weeds; cover crops; modeling.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Sistemas agroecológicos: A, B, C, D, E e sistema Convencional (F). ¹Mix: Aveia, Centeio, Ervilha e Nabo, ²Mix: Aveia, Centeio e Nabo e ³Mix: Centeio, Ervilhaca, Aveia preta, Nabo forrageiro e Ervilha forrageira..... 30
Tabela 2. Resultado médios da análise química dos manejos agroecológicos e convencional das áreas do CVT em Entre Rios do Oeste/PR, nas profundidades de 0,00-0,20 m. ..... 34
Tabela 3. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Verão 2021/2022. ..... 36
Tabela 4. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Inverno 2022. ..... 37
Tabela 5. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Verão 2022/2023. ..... 38
Tabela 6. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Inverno 2023. ..... 40
Tabela 7. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no verão 2023/2024 ..... 41
Tabela 8. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Inverno 2024. ..... 42
Tabela 9. Família, espécie e nome comum das espécies identificadas nas áreas com manejos agroecológicos e convencional durante o período de 2020 a 2024. ..... 48
Tabela 10. Densidade acumulada das plantas daninhas nos sistemas A, B, C, D, E e F durante o período de avaliação de 2020 a 2024..... 52
Tabela 11. Indice de similaridade florística da comunidade de plantas espontâneas dos diferentes sistemas de cultivo no período de avaliação de 2020 a 2024. ..... 71
Tabela 12. Porcentagem de cobertura remanescente (Palha) e plantas daninhas (PD), nas áreas A, B, C, D, E e F durante o período de avaliação no ano de 2023. ..... 76
Tabela 13. Porcentagem de palha remanescente (Palha) e plantas daninhas (PD), nas áreas A, B, C, D, E e F durante o período de avaliação no ano de 2024. ..... 77

Tabela 14. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para Bidens subalternans. (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia)..... 79
Tabela 15. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para Leonurus sibiricus. (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia). ..... 81
Tabela 16. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para Conyza canadensis. (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia)..... 83
Tabela 17. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para Digitaria insularis. (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia). ..... 86
Tabela 18. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para Sonchus oleraceus. (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia). ..... 88
Tabela 19. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para Richardia brasiliensis. (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia)..... 90
Tabela 20. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para Bidens pilosa. (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia). ..... 91
Tabela 21. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para Gamochaeta coarctata. (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia)..... 93

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estação experimental do Centro Vocacional Tecnológico de Agroecologia, Mandioca e Agricultura Sustentável do Oeste do Paraná (CVT) da Unioeste. ..... 30
Figura 2. Precipitação média diária (mm), temperatura média (°C) diária do ar na área experimental durante a realização do experimento nos anos de 2023 e 2024. Entre Rios do Oeste, Pr. ..... 32
Figura 3. Temperatura média mensal do solo na área experimental durante a realização do experimento nos anos de 2020 a 2024. ..... 33
Figura 4. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema A durante o período de avaliação de 2020 a 2024. ..... 55
Figura 5. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema B durante o período de avaliação de 2020 a 2024. ..... 58
Figura 6. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema C durante o período de avaliação de 2020 a 2024. ..... 61
Figura 7. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema D durante o período de avaliação de 2020 a 2024. ..... 64
Figura 8. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema E durante o período de avaliação de 2020 a 2024. ..... 66
Figura 9. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema F durante o período de avaliação de 2020 a 2024. ..... 69
Figura 10. Total de cobertura sobre o solo (kg $ha^{-1}$) na área durante o monitoramento da emergência de plantas daninhas em Entre Rios do Oeste/PR entre os anos de 2020 e 2021. ..... 72
Figura 11. Total de cobertura sobre o solo (kg $ha^{-1}$) na área durante o monitoramento da emergência de plantas daninhas em Entre Rios do Oeste/PR entre os anos de 2023 e 2024. ..... 74
Figura 12. Representação das áreas A, B, C, D, E e F, avaliadas após a colheita em 21/10/23, com as classificações de cobertura do solo realizadas pelo software SisCob. Vermelho= solo; Verde=vegetação; Amarelo= cobertura. .... 75
Figura 13. Curvas cumulativas de germinação para Bidens subalternans sob diferentes temperaturas em função do tempo em dias. ..... 79

Figura 14. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para Bidens subalternans. ..... 80
Figura 15. Curvas cumulativas de germinação para Leonurus sibiricus em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias. ..... 81
Figura 16. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para Leonurus sibiricus. ..... 82
Figura 17. Curvas cumulativas de germinação para C. canadensis em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias. ..... 83
Figura 18. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para Conyza canadensis. ..... 84
Figura 19. Curvas cumulativas de germinação para Digitaria insularis. em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias. ..... 85
Figura 20. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para Digitaria insularis. ..... 86
Figura 21. Curvas cumulativas de germinação para Sonchus oleraceus em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias. ..... 87
Figura 22. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para Sonchus oleraceus. ..... 88
Figura 23. Curvas cumulativas de germinação para Richardia brasiliensis em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias. ..... 89
Figura 24. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para Richardia brasiliensis. ..... 90
Figura 25. Curvas cumulativas de germinação para Bidens pilosa em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias. ..... 91
Figura 26. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para Bidens pilosa. ..... 92
Figura 27. Curvas cumulativas de germinação para Gamochaeta coarctata em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias. ..... 93

Figura 28. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para Gamochaeta coarctata. ..... 94
Figura 29. Modelo de tempo térmico (TT) de Conyza canadensis durante o período de inverno (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 96
Figura 30. Modelo de tempo térmico (TT) de Conyza canadensis durante o período de verão (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 97
Figura 31. Modelo de tempo térmico (TT) de Leonurus sibiricus durante o período de inverno (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 98
Figura 32. Modelo de tempo térmico (TT) de Leonurus sibiricus durante o período de verão (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 99
Figura 33. Modelo de tempo térmico (TT) de Bidens subalternans durante o período de inverno (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 100
Figura 34. Modelo de tempo térmico (TT) de Bidens subalternans durante o período de verão (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 101
Figura 35. Modelo de tempo térmico (TT) de Digitaria insularis durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 102
Figura 36. Modelo de tempo térmico (TT) de Digitaria insularis durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 103

Figura 37. Modelo de tempo térmico (TT) de Sonchus oleraceus durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 104
Figura 38. Modelo de tempo térmico (TT) de Sonchus oleraceus durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 105
Figura 39. Modelo de tempo térmico (TT) de Richardia brasiliensis durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 106
Figura 40. Modelo de tempo térmico (TT) de Richardia brasiliensis durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 107
Figura 41. Modelo de tempo térmico (TT) de Bidens pilosa durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 108
Figura 42. Modelo de tempo térmico (TT) de Bidens pilosa durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada..... 109
Figura 43. Modelo de tempo térmico (TT) de Gamochaeta coarctata durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.....110
Figura 44. Modelo de tempo térmico (TT) de Gamochaeta coarctata durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.....111

# Sumário

**1.Introdução** ..... 18
**2. Revisão bibliográfica** ..... 20
2.1 Sistemas de Cultivo ..... 20
2.2 Plantas daninhas ..... 21
2.3 Sementes ..... 23
2.4 Cobertura do solo ..... 25
2.4.1 Uso de Drones para Avaliação da Vegetação e Cobertura do Solo . 26
2.5 Modelo de predição de emergência baseados no tempo térmico ..... 28
**3. Material e métodos** ..... 29
3.1 Área experimental ..... 29
3.1.1 Dados edafoclimáticos ..... 31
3.1.2 Fertilidade ..... 34
3.2 Manejo ..... 34
3.2.1 Verão 2021/2022 ..... 34
3.2.2 Inverno 2022 ..... 36
3.2.3 Verão 2022/2023 ..... 37
3.2.4 Inverno 2023 ..... 39
3.2.5 Verão 2023/2024 ..... 40
3.2.6 Inverno 2024 ..... 41
3.3 Levantamento fitossociológica ..... 42
3.4 Cobertura do solo ..... 43
3.5 Coleta e preparação das sementes ..... 43
3.6 Determinação da temperatura base ..... 44
3.7 Modelagem e avaliação da dinâmica da emergência da comunidade infestante ..... 45
**4 Resultados e discussão** ..... 47
4.1 Levantamento fitossociológica ..... 47
4.4.1 Principais espécies encontradas ..... 47
4.1.2 Dinâmica de emergência ..... 50
4.2 Cobertura do solo ..... 71
4.2.1 Uso de Drones para Avaliação da Vegetação e Cobertura do solo.. 74
4.3 Temperatura base ..... 78
4.4 Modelo de emergência ..... 94

**5. Conclusão**..... 112
**Referências**..... 113

# 1. Introdução

A interferência das plantas daninhas é um dos principais fatores que comprometem a produtividade agrícola, pois essas competem diretamente por nutrientes, água e luz, reduzindo o rendimento e a qualidade das culturas (LACERDA et al., 2020). Além disso, como destacado por Silva et al. (2012), essas plantas podem atuar como hospedeiras de pragas, bactérias, vírus e nematoides, agravando os impactos negativos nos sistemas de produção. Por essa razão, o controle dessas espécies desempenha um papel crucial no manejo agrícola.

O uso de herbicidas é uma prática comum para prevenir a interferência das plantas daninhas, especialmente no início do ciclo das culturas (BRACCINI et al., 2011). Contudo, o uso indiscriminado pode favorecer a seleção de biótipos resistentes ao tratamento (KESHTKAR et al., 2019). Nesse contexto, o manejo integrado de plantas daninhas tem ganhado destaque como alternativa sustentável e eficiente.

Realizar um estudo detalhado da biologia e ecologia das plantas daninhas é a etapa principal para definir estratégias de controle eficientes. O levantamento fitossociológico assume papel fundamental, fornecendo dados sobre a diversidade, densidade e frequência populacional em uma área específica (OLIVEIRA et al., 2008). Esses dados permitem identificar e classificar as espécies presentes, considerando a influência das práticas de manejo adotadas.

Com essas informações, é possível desenvolver estratégias de manejo específicas para cada espécie, reduzindo sua interferência nas culturas e avaliando a eficácia de diferentes métodos de controle (ERASMO et al., 2004). Além disso, o conhecimento da frequência de emergência das plantas daninhas possibilita a elaboração de modelos preditivos para determinar os melhores momentos de controle (ZANDONÁ et al., 2018).

As plantas daninhas têm demonstrado alta adaptabilidade aos ambientes agrícolas devido à sua variabilidade genética, permitindo que ocupem diversos nichos ecológicos e resistam a condições ambientais adversas (PITELLI & DURIGAN, 2001). Essas características incluem elevada produção de sementes, germinação prolongada, dispersão eficiente e rápido desenvolvimento, tornando seu controle um desafio constante (FONTES & GONÇALVES, 2009).

Estratégias de manejo mais eficazes demandam uma compreensão aprofundada do ciclo de vida, época de emergência, tolerância a estresses ambientais e capacidade competitiva das espécies (SCHMIDT, 2022). Esses dados são especialmente relevantes para sistemas de produção orgânica, onde o uso de herbicidas é limitado.

O estoque de sementes no solo representa a principal fonte de reinfestação em áreas agrícolas (MONQUERO et al., 2008). A dormência e viabilidade das sementes garantem fluxos contínuos de emergência durante o ciclo das culturas, intensificando a competição interespecífica e contribuindo para a dispersão de novas áreas. A germinação ocorre quando condições ambientais, como temperatura, luz e umidade, são ideais (CARVALHO & CHRISTOFFOLETI, 2007).

O modelo de tempo térmico (TT), baseado na acumulação de graus-dia, é uma ferramenta valiosa para prever a emergência de plantas daninhas, considerando a relação entre temperatura e germinação. Estudos como os de Carvalho e Christoffoleti (2007) demonstram que o TT pode prever o comportamento germinativo de espécies específicas, auxiliando no manejo dinâmico dessas plantas. Contudo, é importante considerar fatores adicionais, como a variabilidade ambiental, para aprimorar a precisão desse modelo, especialmente em regiões tropicais (MARTINS et al., 2010).

O controle das plantas daninhas exige uma abordagem integrada e fundamentada em dados fitossociológicos e modelos preditivos, que permitam compreender a dinâmica populacional e os fatores ambientais que influenciam sua emergência. Investir no desenvolvimento de estratégias específicas para cada espécie é essencial para garantir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e minimizar os impactos negativos dessas plantas sobre as culturas.

Tendo isso em mente, o presente trabalho teve como objetivo investigar a interferência das plantas daninhas nos sistemas agrícolas e propor estratégias de manejo eficazes, com base no levantamento fitossociológico, análise da dinâmica de emergência e aplicação de modelos preditivos.

# 2. Revisão bibliográfica

## 2.1 Sistemas de Cultivo

A agronomia, ao longo das décadas, tem desenvolvido diferentes sistemas de cultivo com o objetivo de maximizar a produtividade e a sustentabilidade das práticas agrícolas. Dentre os sistemas mais amplamente utilizados, destacam-se os sistemas de cultivo convencional e agroecológico. Cada um desses sistemas apresenta características específicas, bem como vantagens e desafios no contexto da agricultura moderna.

O sistema agroecológico baseia-se no uso de práticas que promovem a saúde do solo e dos ecossistemas, evitando o uso de insumos sintéticos. Em vez disso, utiliza adubação orgânica, rotação de culturas e controle biológico de pragas. De acordo com Reganold e Wachter (2016), esse sistema é mais sustentável e promove a conservação da biodiversidade, além de oferecer produtos com menor risco de contaminação química. Contudo, apresenta desafios como menores produtividades e maior necessidade de mão de obra especializada.

Dentro dos sistemas de cultivo agroecológicos, as variáveis ambientais desempenham o papel de destaque na escolha das práticas agrícolas. O controle químico de plantas daninhas agora passa a ser por métodos de manejo sustentáveis (JUNIOR et al., 2018), o que contribui para a manutenção do solo, água, o uso responsável dos recursos naturais disponíveis e a utilização de insumos orgânicos.

Para o sistema agroecológico, o princípio da prevenção deve ser adotado como forma de manejo através da utilização de plantas de cobertura com a elevada produção de palha. A presença de uma camada de palha sobre a superfície pode servir como uma barreira física, impedindo a germinação de plantas daninhas, impedindo que a luz do sol atinja a superfície do solo (GOMES & CHRISTOFFOLETI, 2008), além de proporcionar proteção contra erosão, auxilia na retenção de umidade, economia de água e ativação biológica do solo (DE SOUZA, 2015).

Em contrapartida o sistema de cultivo convencional, utiliza o preparo intensivo do solo e uso de herbicidas. Áreas com preparo convencional do solo e desprovidas de cobertura vegetal em superfície, são mais suscetíveis à erosão hídrica, pois o solo não apresenta nenhuma proteção física contra agentes

exteriores (PANACHUKI et al., 2011). O solo exposto está sujeito à ação do vento e da água, o que pode levar à perda de nutrientes e matéria orgânica do solo e defensivos agrícolas (E SILVA & DE MARIA, 2011), e assim reduzir sua fertilidade e prejudicando a produtividade das culturas.

O cultivo convencional muitas vezes é baseado em monoculturas, ou seja, o plantio de uma única cultura em grande escala em uma determinada área (KOOCHEKI et al., 2009). Isso pode levar à perda de diversidade e variabilidade genética, maior risco de disseminação de doenças e pragas.

O sistema de cultivo convencional é amplamente reconhecido como o modelo predominante na agricultura moderna, com foco em maximizar a produtividade por meio de tecnologias avançadas, insumos químicos e mecanização. Segundo Tilman et al. (2002), o sistema convencional é responsável por grande parte do aumento da produção de alimentos no último século. Contudo, essa abordagem também tem sido criticada por causar impactos ambientais, como degradação do solo, contaminação dos recursos hídricos e perda da biodiversidade.

Silva et al. (2021) apontam que o uso intensivo de insumos químicos pode levar à degradação do solo e à contaminação de lençóis freáticos. Ademais, a monocultura reduz a biodiversidade e aumenta a vulnerabilidade do sistema a pragas e doenças. Outro ponto crítico é a emissão de gases de efeito estufa associada à produção de fertilizantes e à mecanização, conforme observado por Oliveira e Santos (2020). Além disso, a dependência de insumos externos torna os agricultores vulneráveis a flutuações de preços no mercado global.

Com as crescentes preocupações relacionadas à sustentabilidade, pesquisadores têm buscado alternativas para mitigar os impactos do sistema convencional. Segundo Pereira et al. (2020), práticas como o plantio direto, a rotação de culturas e o manejo integrado de pragas têm se mostrado eficazes na redução dos impactos ambientais.

## 2.2 Plantas daninhas

As plantas daninhas são definidas como o conjunto de espécies vegetais que infestam áreas de interesse para o homem, causando impactos negativos na capacidade produtiva das culturas agrícolas (NICHELATI et al., 2020). Diferentemente das plantas cultivadas, as plantas daninhas evoluíram com alta

agressividade, marcada por grande variação genética, alta produção de sementes e longevidade (PITELLI et al., 2001). Essas características permitem sua viabilidade por longos períodos, mesmo em condições ambientais adversas.

A principal forma de impacto das plantas daninhas está na competição por recursos como luz, água e nutrientes, essenciais para o desenvolvimento das plantas cultivadas. Além disso, liberam substâncias químicas que inibem o crescimento das culturas (BRIGHENTI; DE OLIVEIRA, 2001). Também atuam como hospedeiras de pragas e patógenos, dificultam o manejo e aumentam os custos de produção, reduzindo a qualidade do produto final (VASCONCELOS et al., 2012).

Técnicas de manejo são aplicadas para minimizar os impactos das plantas daninhas. No manejo convencional, os herbicidas têm sido amplamente utilizados devido à sua eficácia em controlar a competição, especialmente no início do ciclo da cultura, período de maior suscetibilidade à competição (OLIVEIRA JR et al., 2011). Contudo, o uso contínuo de herbicidas pode levar ao surgimento de plantas daninhas resistentes, reduzindo a eficiência dos tratamentos e demandando alternativas complementares.

No contexto do manejo integrado, busca-se substituir ou complementar o uso de insumos químicos por práticas mais sustentáveis, como o controle preventivo, físico, mecânico e biológico. O controle preventivo inclui práticas que impedem a introdução, estabelecimento e disseminação de sementes de plantas daninhas nas áreas de cultivo (CASTRO et al., 2016). Essas práticas incluem o uso de sementes certificadas, limpeza de máquinas e equipamentos e manutenção de áreas livres de infestação.

Os controles físico e mecânico consistem no uso de equipamentos ou ações manuais, como capina, roçagem e gradeamento, para eliminar as plantas daninhas (AGOSTINETTO et al., 2015). Essas estratégias, embora demandem maior mão de obra, podem ser eficazes em áreas pequenas ou com populações específicas de plantas daninhas.

O controle biológico, por sua vez, utiliza fatores bióticos do ecossistema, como insetos, fungos ou bactérias, para regular o crescimento e a densidade populacional das plantas daninhas, reduzindo seu impacto econômico. Essa abordagem é especialmente relevante em sistemas de manejo sustentável, onde busca-se preservar a biodiversidade e minimizar impactos ambientais.

Além disso, o papel das plantas daninhas nos sistemas agrícolas nem sempre é inteiramente negativo. Em sistemas sustentáveis, elas podem contribuir para a biodiversidade, servir como indicadores de condições ambientais e até mesmo auxiliar no controle natural de pragas (PEREIRA; MELO, 2008; BLUME et al., 2010). A presença controlada de algumas espécies pode ser benéfica, desde que manejada adequadamente.

Portanto, o manejo eficiente das plantas daninhas exige a integração de diferentes estratégias, considerando as características da área e o sistema de produção adotado. O equilíbrio entre controle químico, práticas sustentáveis e técnicas ecológicas é essencial para alcançar uma agricultura mais produtiva e ambientalmente responsável.

Esse panorama evidencia a importância de compreender o papel das plantas daninhas na agricultura e de adotar práticas de manejo que minimizem seus impactos negativos, promovendo sistemas de produção mais equilibrados e resilientes (JONSSON et al., 2010).

## 2.3 Sementes

O banco de sementes é o termo utilizado para descrever o conjunto de sementes viáveis armazenadas no solo, seja na camada superficial ou em camadas mais profundas. Essas sementes provêm de plantas que já cresceram no local ou de restos vegetais presentes no ambiente.

O banco de sementes desempenha um papel crucial na regeneração das plantas, especialmente das plantas daninhas, que dependem dessa reserva para garantir sua persistência e proliferação. O tamanho desses bancos é influenciado pela capacidade reprodutiva das plantas daninhas, sendo mais significativo em áreas agrícolas em comparação com locais de baixo distúrbio ambiental (MONQUEIRO; CHRISTOFFOLETI, 2005).

As sementes armazenadas no solo podem permanecer dormentes por períodos prolongados, aguardando condições ambientais favoráveis para germinar. A longevidade e a viabilidade dessas sementes são determinadas pelas características biológicas e ecológicas das espécies, permitindo-lhes adaptar-se a diferentes condições temporais e espaciais (MARTINS et al., 2016). A dormência das sementes é um mecanismo evolutivo fundamental para a sobrevivência das espécies, principalmente em ambientes instáveis ou

perturbados, assegurando que as sementes permaneçam inativas até que condições específicas, como temperatura, umidade ou presença de luz, favoreçam a germinação (BASKIN E BASKIN, 2014). Este processo é especialmente relevante para plantas que se desenvolvem em ambientes sujeitos a distúrbios, onde a janela de oportunidade para germinação pode ser limitada.

Existem diferentes tipos de dormência de sementes, classificados conforme os fatores que os induzem. A dormência fisiológica é uma das mais comuns e ocorre devido à presença de substâncias químicas, como o ácido abscísico, que inibem a germinação, mesmo quando as condições ambientais são adequadas (FINCH-SAVAGE E LEUBNER-METZGER, 2006). Essas substâncias podem estar presentes no embrião, no endosperma ou no tegumento da semente, e sua remoção ou degradação, frequentemente provocada por fatores ambientais como temperatura e umidade, é necessária para que a germinação ocorra (BEWLEY et al., 2013).

A dormência física, por outro lado, é causada pela impermeabilidade do tegumento da semente à água ou aos gases, impedindo a germinação mesmo em condições ideais. Esse tipo de dormência é frequentemente superado por processos naturais, como a abrasão do tegumento devido à movimentação do solo, ou por tratamentos de escarificação que rompem ou desgastam mecanicamente a casca da semente (MARTINS et al., 2016). Além disso, a dormência morfológica ocorre quando a semente é fisiologicamente capaz de germinar, mas o desenvolvimento da plântula é impedido devido à imaturidade do embrião no momento da dispersão. Esse tipo de dormência é comum em muitas espécies de plantas daninhas que liberam suas sementes antes de atingirem a maturidade completa, permitindo uma dispersão ampla, mas com controle natural da germinação até que as sementes estejam prontas para germinar (BASKIN E BASKIN, 2014; VIVIAN et al., 2008).

Os benefícios da dormência são numerosos, principalmente para as plantas daninhas. A principal vantagem é a sincronização da germinação com as condições ambientais favoráveis, o que aumenta a chance de sobrevivência das plântulas (FINCH-SAVAGE E LEUBNER-METZGER, 2006). Isso evita que as sementes germinem em condições desfavoráveis, como secas prolongadas ou temperaturas extremas, preservando energia e recursos. A dormência também permite uma dispersão temporal das sementes, aumentando a

diversidade de épocas de germinação e facilitando a adaptação a diferentes ciclos de cultivo (Benech-Arnold et al., 2000). Além disso, confere resistência a distúrbios ambientais e intervenções de manejo, como o uso de herbicidas e a preparação do solo (MARTINS ET AL., 2016).

Como as sementes podem permanecer dormentes no solo por longos períodos, elas têm a capacidade de germinar quando as condições se tornam favoráveis novamente, tornando as plantas daninhas mais difíceis de controlar (Bewley et al., 2013). Esse comportamento adaptativo facilita a colonização de novos ambientes e assegura a persistência das plantas daninhas em ecossistemas perturbados, tornando-as um desafio constante no manejo agrícola (BASKIN E BASKIN, 2014).

## 2.4 Cobertura do solo

As plantas de cobertura são espécies cultivadas principalmente para produzir grandes quantidades de fitomassa, substituindo o pousio durante o período de entressafra e garantindo cobertura do solo para a cultura subsequente (ALVARENGA et al., 2001). No Sistema de Plantio Direto (SPD), o uso dessas plantas é essencial para o sucesso da prática, pois assegura a cobertura permanente do solo (WOLSCHICK et al., 2016). Contudo, em regiões de clima tropical, as condições de alta temperatura e umidade dificultam a permanência da palha na superfície (CRUSCIOL et al., 2008).

O SPD é o principal sistema de produção de grãos, fundamentado no mínimo revolvimento do solo, na rotação de culturas e na manutenção da palhada na superfície. Para atender a esses requisitos, as plantas de cobertura são frequentemente cultivadas em consórcio com o milho ou de forma isolada na entressafra, proporcionando diversos benefícios ao solo. Esses benefícios incluem proteção contra erosão, adição de matéria orgânica, fixação biológica de nitrogênio e melhoria na estrutura do solo, atuando como descompactadores biológicos (DE MORAES et al., 2016). Além disso, em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), a presença contínua de cobertura morta cria um ambiente favorável para a produção sustentável de grãos, carne e leite, ao mesmo tempo em que reduz o uso intensivo do solo (SANTOS et al., 2014).

Gramíneas são amplamente utilizadas pela elevada produção de fitomassa e pela alta relação carbono/nitrogênio (C:N), que prolonga o tempo de

permanência da palhada no solo (BORKERT et al., 2003) . Plantas da família das Fabaceae também contribuem significativamente para a fertilidade do solo, aumentando os teores de nitrogênio por meio da fixação biológica (IGUE, 1984; FAVARATO et al., 2016).

O sucesso na formação de palhada com plantas de cobertura depende de fatores como características edafoclimáticas, manejo adequado e tratos culturais específicos, incluindo espaçamento, tratamento fitossanitário e manejo da adubação (ALVARENGA et al., 2001). Nesse contexto, a adubação verde, que consiste na utilização de plantas específicas incorporadas ou deixadas na superfície do solo após o desenvolvimento vegetativo, desempenha um papel crucial. Essa prática incrementa a matéria orgânica, aumentando a capacidade produtiva do solo e impactando positivamente o rendimento de culturas de importância econômica.

Portanto, o uso estratégico de plantas de cobertura, aliado a práticas adequadas de manejo, é uma ferramenta indispensável para o aprimoramento da sustentabilidade e da produtividade nos sistemas agrícolas tropicais.

### 2.4.1 Uso de Drones para Avaliação da Vegetação e Cobertura do Solo

O advento de novas tecnologias tem transformado significativamente a agricultura, promovendo maior eficiência e sustentabilidade. Entre essas inovações, o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), comumente conhecidos como drones, destaca-se como uma ferramenta essencial para monitoramento e gestão de recursos agrícolas. Os drones têm revolucionado a forma como os agricultores avaliam a vegetação, a cobertura do solo e a saúde das culturas, possibilitando a coleta de dados precisos e em tempo real.

A agricultura moderna enfrenta desafios como o crescimento populacional, as mudanças climáticas e a necessidade de produzir mais alimentos com menos recursos. Nesse contexto, tecnologias como drones, sensores remotos e sistemas de informação geográfica (SIG) têm se mostrado fundamentais para garantir maior produtividade e eficiência. De acordo com Sankaran et al. (2015), o uso de drones na agricultura permite o monitoramento detalhado das culturas, ajudando na identificação de áreas com problemas específicos, como deficiências nutricionais, estresse hídrico e infestações por pragas.

Os drones podem ser equipados com sensores multiespectrais e térmicos para coletar informações que seriam impossíveis de serem obtidas por meios convencionais. Um exemplo é o monitoramento da índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), amplamente utilizado para avaliar a saúde das plantas. Essas tecnologias permitem que os agricultores ajustem suas práticas de manejo, como irrigação e aplicação de fertilizantes, de forma localizada, reduzindo custos e impactos ambientais (RAEVA, et al. 2019).

O monitoramento constante das áreas agrícolas é essencial para a identificação precoce de problemas que possam comprometer a produtividade. Estudos realizados por Zhang et al. (2019) mostraram que drones são capazes de detectar anomalias no desenvolvimento das plantas com alta precisão, permitindo intervenções rápidas e eficazes. Além disso, o uso de drones na avaliação da cobertura do solo possibilita a detecção de áreas de compactação ou erosão, auxiliando no planejamento de estratégias de conservação do solo.

Outra vantagem do monitoramento com drones é a capacidade de identificar padrões espaciais e temporais no desenvolvimento das culturas. Por exemplo, em sistemas de produção de milho e soja, drones foram utilizados para mapear a cobertura vegetal, detectando falhas no plantio e zonas de baixa produtividade (BENDIG et al., 2015). Essas informações permitem aos agricultores ajustar técnicas de manejo, como a semeadura e a aplicação de defensivos, de maneira precisa.

Os drones oferecem uma série de benefícios para a agricultura. Além de aumentar a precisão das análises, eles reduzem o tempo e os custos associados ao monitoramento convencional. Segundo Holman et al. (2019), a capacidade de realizar levantamentos rápidos e detalhados torna os drones uma ferramenta indispensável para agricultores e consultores agrônomos.

No entanto, algumas limitações ainda precisam ser superadas. A interpretação dos dados gerados por drones exige conhecimento técnico especializado, e condições climáticas desfavoráveis, como ventos fortes e chuvas, podem comprometer a qualidade das imagens. Além disso, a implementação dessas tecnologias pode representar um investimento elevado, especialmente para pequenos agricultores.

O uso de drones na avaliação da vegetação e da cobertura do solo tem demonstrado ser uma solução promissora para enfrentar os desafios da agricultura moderna. Ao permitir um monitoramento preciso e em tempo real,

essas tecnologias auxiliam na identificação de problemas e no planejamento de intervenções, promovendo maior produtividade e sustentabilidade.

## 2.5 Modelo de predição de emergência baseados no tempo térmico

A habilidade de predizer a emergência de plantas daninhas ajuda na otimização do tempo de operação de controle, na melhoria da eficácia da estratégia de controle e na redução do uso de herbicidas, através da adoção do manejo integrado das plantas daninhas (LUIZ, 2006). Esses modelos utilizam diferentes fatores, como temperatura, umidade do solo e fotoperíodo (WERLE et al., 2014), para prever a emergência das plantas daninhas.

A temperatura é um dos principais fatores ambientais que regulam a germinação das sementes ( VIDAL et al., 2007; PACHECO et al., 2006). Modelos matemáticos têm sido desenvolvidos para prever essas dinâmicas, entre eles, o tempo térmico se destaca por relacionar o acúmulo diário da temperatura, com a germinação das sementes (RIZZARDI et al., 2009; ZANDONÁ et al., 2018). Esse modelo assume que a germinação ocorre quando a soma térmica acumulada atinge um valor crítico, desde que a temperatura ambiente permaneça acima da temperatura base (Tb), sendo influenciada também pelos limites de temperatura ótima e máxima (Tc) para cada espécie (ALVARADO & BRADFORD, 2002; MATHEUS & LOPES, 2009).

Além disso, a germinação não ocorre de maneira uniforme dentro de uma população de sementes (BRANCALION & MARCOS FILHO, 2008), pois existem diferenças individuais quanto às necessidades térmicas. Isso gera subdivisões dentro da população de sementes, onde cada grupo apresenta uma taxa de germinação específica, possibilitando a previsão do tempo mínimo de germinação (CARDOSO & PEREIRA, 2009).

A modelagem baseada no tempo térmico é amplamente utilizada para descrever e prever padrões de germinação em diferentes condições ambientais, o que permite aprimorar estratégias de controle e manejo. Dessa forma, o modelo do tempo térmico não apenas contribui para o entendimento dos mecanismos de germinação, mas também auxilia na tomada de decisões relacionadas ao manejo de plantas daninhas e na previsão da emergência no campo.

# 3. Material e métodos

## 3.1 Área experimental

O experimento foi implantado no ano de 2016 e conduzido na Estação experimental do Centro Vocacional Tecnológico de Agroecologia, Mandioca e Agricultura Sustentável do Oeste do Paraná (CVT), localizado no município de Entre Rios do Oeste, que pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná campus de Marechal Cândido Rondon – PR (Figura 1). As coordenadas geográficas são 24°40'54"S e 54°17'3"O, com altitude média de 251 metros em relação ao nível do mar.

O clima da região é descrito como subtropical úmido (Cfa) segundo a classificação de Köppen, marcado por chuvas bem distribuídas durante todo o ano, temperatura média varia entre 22 e 23 ºC e umidade relativa de 70% a 75%. A média de precipitação pluviométrica anual varia entre 1.700 mm e 2.200 (GOMES, et al., 2020). O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico de textura muito argilosa (SANTOS, et al., 2018).

Durante o experimento, serão avaliadas cinco áreas de cultivos agroecológicos, sendo elas, sistema A (1,40 $ha^{-1}$), B (1,37 $ha^{-1}$), C (1,42 $ha^{-1}$), D (1,55 $ha^{-1}$), E (1,42 $ha^{-1}$) e uma área de sistema de cultivo convencional, F (2 $ha^{-1}$). Os cultivos das áreas orgânicas terão sistemas de rotação de diferentes culturas, enquanto a áreas de cultivo convencional, contará com a sucessão de culturas de milho e soja.

Durante o decorrer dos anos, várias culturas foram cultivadas nas áreas, de acordo com as condições climáticas e a disponibilidade de recursos, como mostra a Tabela 1.

Figura 1. Estação experimental do Centro Vocacional Tecnológico de Agroecologia, Mandioca e Agricultura Sustentável do Oeste do Paraná (CVT) da Unioeste.

Tabela 1. Sistemas agroecológicos: A, B, C, D, E e sistema Convencional (F). ¹Mix: Aveia, Centeio, Ervilha e Nabo, ²Mix: Aveia, Centeio e Nabo e ³Mix: Centeio, Ervilhaca, Aveia preta, Nabo forrageiro e Ervilha forrageira.

| Ano | Época | Sistemas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D | E | F |
| 2019/2020 | Verão | Lab-lab | Lab-lab | Lab-lab | Mandioca/milheto | Milheto | Soja |
| 2020 | Inverno | Trigo | Aveia branca | Mix RX 520¹ | Mix RX 110² | Aveia preta + Nabo | Milho |
| 2020/2021 | Verão | Feijão | Soja | Milho | Soja | Pousio | Soja |
| 2021 | Janela | Milho | Milho safrinha | Nada | Lab-lab | Lab-lab/Milheto | Milho |
| 2021 | Inverno | Aveia preta | Milho safrinha | Trigo | Mix Aduverd 1005³ | Mix Aduverd 1005³ | Milho |
| 2021/2022 | Verão | Milheto | Soja | Soja | Milho | Feijão | Soja |
| 2022 | Inverno | Trigo | Milho safrinha | Aveia | Milheto | Trigo | Milho |
| 2022/2023 | Verão | Soja | Soja | Soja | Mix Aveia+Nabo | Milho | Soja |
| 2023 | Inverno | Trigo-mourisco + Mix Aveia + Nabo | Milho safrinha | Trigo-mourisco + Mix Aveia + Nabo | Trigo | Aveia preta | Milho |
| 2023/2024 | Verão | Milho | Soja | Milho | Soja | Soja | Soja |
| 2024 | Janela | Pousio | Pousio | Pousio | Pousio | Pousio | Milho |
| 2024 | Inverno | Trigo | Trigo | Aveia | Aveia+Nabo | Aveia | Milho |

### 3.1.1 Dados edafoclimáticos

No período experimental, os dados mensais de precipitação média acumulada (mm), temperatura do ar média (ºC), temperatura do solo média (ºC) e umidade do solo a foram determinadas utilizando-se uma estação climatológica localizada na própria estação experimental. Os resultados estão expressos, respectivamente, nas Figuras 2 e 3.

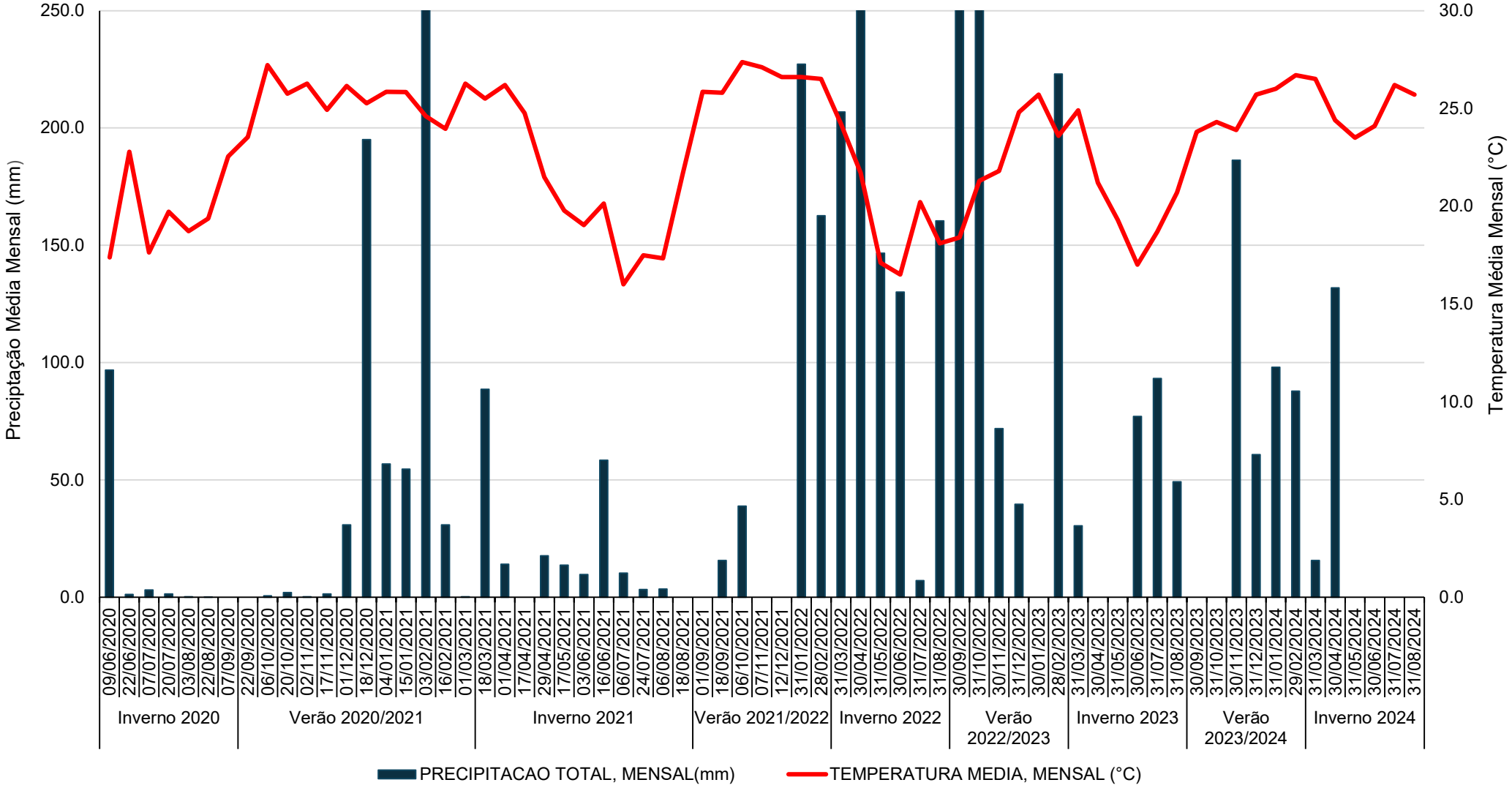



Figura 2. Precipitação média diária (mm), temperatura média (°C) diária do ar na área experimental durante a realização do experimento nos anos de 2023 e 2024. Entre Rios do Oeste, Pr.

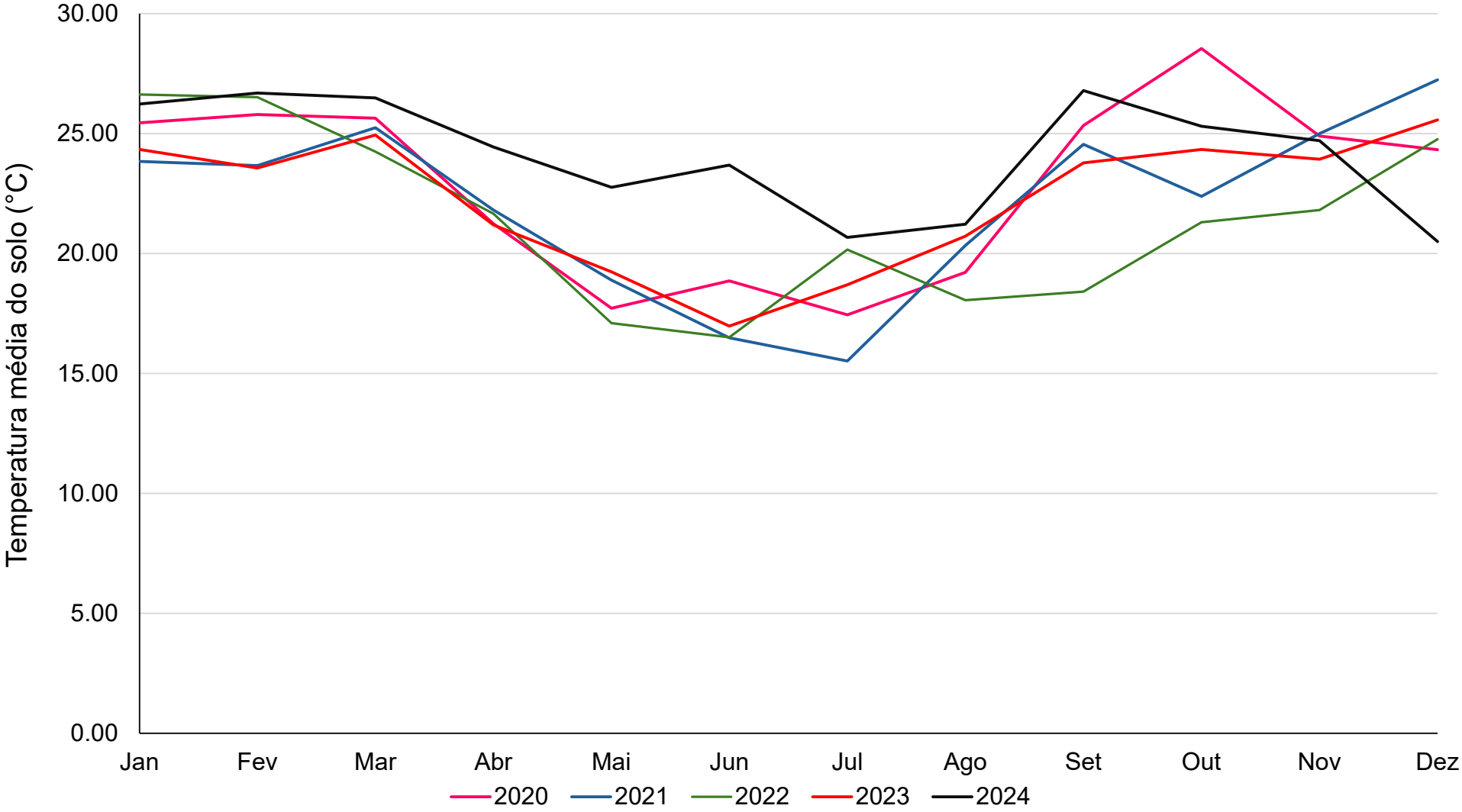



Figura 3. Temperatura média mensal do solo na área experimental durante a realização do experimento nos anos de 2020 a 2024.

### 3.1.2 Fertilidade

O sistema de cultivo adotado para todas as áreas foi o sistema de plantio direto. Para a determinação das características químicas nas áreas pertencentes aos manejos agroecológicos e convencional, foram coletadas amostras na profundidade de 0,0-0,20 m. Os resultados obtidos serão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado médios da análise química dos manejos agroecológicos e convencional das áreas do CVT em Entre Rios do Oeste/PR, nas profundidades de 0,00-0,20 m.

| | | | | Macronutrientes | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sistema** | **pH ($CaCl_2$)** | **COT** | **P (Melich)** | **H+Al** | **Al** | **K** | **Ca** | **Mg** | **SB** | **CTC** |
| | **0,01 mol $L^{-1}$** | **g $dm^{-3}$** | **mg $dm^{-3}$** | **----------cmol$_c$ $dm^{-3}$----------** | | | | | | |
| | | | | **0,0 -0,1 m** | | | | | | |
| **A** | 6,1 | 19,7 | 77,3 | 3,0 | 0,0 | 0,6 | 5,9 | 2,7 | 9,2 | 12,2 |
| **B** | 5,8 | 22,9 | 50,9 | 3,3 | 0,0 | 0,6 | 5,8 | 2,1 | 8,6 | 11,9 |
| **C** | 6,0 | 15,9 | 53,5 | 3,2 | 0,0 | 1,0 | 6,5 | 2,5 | 10,0 | 13,2 |
| **D** | 5,6 | 15,4 | 32,3 | 3,7 | 0,0 | 0,9 | 4,1 | 1,9 | 7,0 | 10,6 |
| **E** | 5,5 | 16,9 | 30,1 | 3,8 | 0,0 | 0,9 | 5,6 | 1,9 | 8,3 | 12,1 |
| **F** | 4.84 | - | 25.58 | 4.85 | 0.1 | 0.3 | 4.75 | 2.44 | 7.49 | 12.34 |
| | | | | **0,1 – 0,2 m** | | | | | | |
| **A** | 5,8 | 19,9 | 27,1 | 3,4 | 0,0 | 0,4 | 5,1 | 2,4 | 8,0 | 11,4 |
| **B** | 5,6 | 21,9 | 14,3 | 3,4 | 0,0 | 0,4 | 4,6 | 1,8 | 6,8 | 10,2 |
| **C** | 5,8 | 14,4 | 16,9 | 3,6 | 0,0 | 0,8 | 5,4 | 2,1 | 8,2 | 11,8 |
| **D** | 5,5 | 14,2 | 10,9 | 3,8 | 0,0 | 0,7 | 4,5 | 1,7 | 7,0 | 10,8 |
| **E** | 5,4 | 16,7 | 17,4 | 4,0 | 0,0 | 0,6 | 5,0 | 1,7 | 7,2 | 11,2 |
| **F** | 4.84 | - | 25.58 | 4.85 | 0.1 | 0.3 | 4.75 | 2.44 | 7.49 | 12.34 |

## 3.2 Manejo

Os manejos realizados nas safras de 2020 e 2021 foram previamente descritos por Schmidt, 2022. No presente trabalho, esses dados foram consolidados e analisados em conjunto, permitindo uma avaliação mais abrangente dos efeitos das práticas adotadas ao longo dos anos.

### 3.2.1 Verão 2021/2022

No verão de 2021/2022 (Tabela 3), diferentes culturas foram implantadas em cada sistema. No Sistema A, antes da semeadura do milheto, a área foi submetida à dessecação com o auxílio do Eletroherb. Após a implantação da

cultura, o controle de plantas daninhas foi realizado manualmente por meio de capinas nos dias 06, 07, 08 e 09/12. Posteriormente, em 21/12, foi conduzida uma nova dessecação utilizando uma máquina a vapor, visando o controle eficiente da vegetação indesejada. O sistema B recebeu a semeadura da soja em 12/10/2021, utilizando a cultivar BRS 525. Nos dias 08 e 09/11, foi realizado o manejo das plantas daninhas presentes na área, garantindo melhores condições para o desenvolvimento da cultura.

O sistema C, também recebeu a semeadura de soja da cultivar BRS 525, realizada em 06/10/2021, seguindo a recomendação de 14 sementes por metro. Para o controle de plantas espontâneas, foram efetuadas duas capinas mecanizadas nos dias 26 e 27/10. Além disso, em 15/11, foi aplicada uma dose de biofertilizante (Super Magro) em toda a área, visando a melhoria das condições nutricionais do solo.

Para o sistema D, o milho (KWS 9080) foi semeado em 13/10/2021, com uma densidade de 14 sementes por metro. No dia 22/10, foi realizada a aplicação mecanizada de inseticidas, utilizando Tracer (100 mL $ha^{-1}$), Vircontrol (60 g/$ha^{-1}$) e vinagre (3 L/200 L de água). Para o controle de plantas espontâneas, foram efetuadas capinas mecanizadas nos dias 27 e 28/10. Em 29/10, assim como no Sistema C, aplicou-se uma dose de biofertilizante. Posteriormente, em 16/11, houve uma nova aplicação mecanizada de inseticida, dessa vez com Boveria (200 mL $ha^{-1}$), visando o controle biológico de pragas.a aplicação mecanizada de inseticida, dessa vez Boveria 200mL $ha^{-1}$.

O Sistema E recebeu a semeadura do feijão BRS 402 em 12/10/2021, com uma densidade de 15 sementes por metro. O manejo da área incluiu capinas mecanizadas no dia 28/10, aplicação de biofertilizantes em 01/12 e uma aplicação de inseticidas em 15/12, garantindo o controle adequado de pragas e o fortalecimento da cultura. Por fim, o sistema F foi destinado ao cultivo da soja da cultivar Monsoy 5947 IPRO, pertencente à tecnologia Intacta (28/02/2021). Foi realizada aplicação de herbicidas pós-emergentes em toda a área.

Tabela 3. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Verão 2021/2022.

| Sistema | Data de semeadura | Cultura | Cultivar | Recomendação |
|---|---|---|---|---|
| A | 04/10/2021 | Milheto | | 27 Kg $ha^{-1}$ |
| B | 12/10/2021 | Soja | BRS 525 | 14 sementes/m |
| C | 06/10/2021 | Soja | BRS 525 | 14 sementes/m |
| D | 13/10/2021 | Milho | KWS 9080 | 14 sementes/m |
| E | 12/10/2021 | Feijão | BRS 402 | 15 sementes/m |
| F | 28/02/2021 | Soja | Monsoy 5947 IPRO INTACTA | 10 sementes/m |

### 3.2.2 Inverno 2022

No inverno 2020 (Tabela 4), o sistema A, iniciou com o cultivo de milheto como planta de cobertura para produção de palhada. O milheto foi manejado com rolo faca, permitindo sua rebrota, e novamente manejado da mesma forma. Em seguida, realizou-se o controle de plantas daninhas com Eletroherb, e posteriormente a cultura do trigo foi implantada. Para o sistema B, durante o inverno de 2022, foi semeado milho safrinha. O manejo fitossanitário foi realizado em três etapas: no dia 21/02/2022, aplicaram-se 50 g de Vircontrol e 50 g de Flycontrol por hectare, com volume de calda de 200 L $ha^{-1}$. Nos dias 22/02 e 01/03/2022, foram utilizados 120 mL de Tracer, 500 g de Xantari, 50 g de Vircontrol e 50 g de Flycontrol por hectare. Já em 13/05/2022, o controle de pragas foi feito com Xantari (650 g/ha), Adjuvante (250 mL/100 L), Tracer (120 mL/100 L), Super Magro (3%) e Flycontrol (250 mL $ha^{-1}$).

No sistema C, após a semeadura do milheto, foi realizado um manejo fitossanitário nos dias 22/02 e 01/03/2022, utilizando 120 mL de Tracer, 500 g de Xantari, 50 g de Vircontrol e 50 g de Flycontrol por hectare (volume de calda de 200 L $ha^{-1}$). Em 30/05/2022, ocorreu a roçada e eliminação das plantas de cobertura, e no dia 20/05/2022, a dessecação das plantas espontâneas foi realizada com auxílio do Eletroherb.

O Sistema D contou com duas plantas de cobertura ao longo do ano: milheto + crotalária, semeados em 14/01/2022, e um mix de aveia + nabo +

tremoço, implantado em 17/06/2022. Ambas foram manejadas com rolo faca, seguido de dessecação com Eletroherb. Já o Sistema E, recebeu a semeadura de milheto em 11/01/2022. O manejo foi realizado em 01/04/2022 com rolo faca, seguido de dessecação com Eletroherb em 21/05/2022. Após a semeadura do trigo em 22/05/2022, foi feito o controle de formigas com a aplicação de Beauveria e terra de diatomácea na proporção 1:3. No dia 27/06/2022, aplicou-se biofertilizante de suíno na dose de 30.333 L $ha^{-1}$. Para o controle de plantas espontâneas no sistema F, foi realizada uma aplicação de glifosato (3,300 L $ha^{-1}$, Zapp QI 620) em mistura com o herbicida Cartago (0,45 L $ha^{-1}$).

Tabela 4. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Inverno 2022.

| Sistema | Data de semeadura | Cultura | Cultivar | Recomendação |
|---|---|---|---|---|
| A | 05/01/2022 | Milheto | | 50 kg p/1,5 ha 100kg $ha^{-1}$ |
| | 21/05/2022 | Trigo | | |
| B | 08/02/2022 | Milho | MORGAN 063C | 14 sementes /m |
| | 09/02/2022 | | MORGAN 063C | |
| | 13/03/2022 | | MORGAN 063C | |
| C | 09/02/2022 | Milheto | | 50 kg p/1,5 ha 123 kg $ha^{-1}$ |
| | 24/05/2022 | Aveia | | |
| D | 14/01/2022 | Milheto + Crotalaria | | 38 kg milheto/15 kg crotalária - p/1,5 ha |
| | 07/06/2022 | Mix | Aveia + Nabo + Tremoço | 60 kg aveia: 7 kg de nabo: 50 kg de tremoço/95,4 kg $ha^{-1}$ |
| E | 11/01/2022 | Milheto | | 50 kg p/1,5 ha 100kg $ha^{-1}$ |
| | 22/05/2022 | Trigo | | |
| F | 12/02/2022 | Milho safrinha | - | 14 sementes /m |

### 3.2.3 Verão 2022/2023

No Sistema A (Tabela 5), a semeadura ocorreu em 09/10/2022 com a cultivar BRS 546, utilizando uma densidade de 14 sementes por metro. Antes do plantio, a área foi submetida à dessecação com máquina a vapor, visando o controle de plantas espontâneas e a adequação do solo para a cultura. No Sistema B, além da dessecação realizada no dia 09/10/2022 com vapor, foram conduzidas capinas manuais nos dias 26, 27 e 28/05, como estratégia

complementar no manejo de plantas daninhas. A semeadura foi realizada com as cultivares BRS 525 e BRS 539, seguindo a recomendação de 14 sementes por metro.

O Sistema C apresentou ensaio de cultivares, com a utilização das cultivares BRS 284, 391, 511, 523, 525, 539 e 546. O plantio ocorreu em 08/10/2022, adotando um espaçamento de 50 cm entre linhas e uma densidade de semeadura variando entre 13 e 16 sementes por metro. Assim como nos demais sistemas, a dessecação foi realizada com vapor no dia 08/10/2022. Para o Sistema D, a semeadura ocorreu em 09/10/2022 com as cultivares BRS 525 e BRS 539, seguindo as mesmas recomendações do Sistema C, com espaçamento de 50 cm entre linhas e uma densidade de 13 a 16 sementes por metro. No Sistema E, a semeadura do milho foi realizada em 04/10/2022. Antes do plantio, a área recebeu adubação orgânica com cama de frango na proporção de 6 toneladas por hectare, além de manejo prévio para controle de plantas espontâneas, realizado por meio de dessecação com máquina a vapor. Para o sistema F, a soja foi implantada no dia 05/10. Não houve manejo da área antes da semeadura, o controle de plantas daninhas consistiu em uma aplicação em pós-emergência de glifosato (3,300 L $ha^{-1}$), em mistura com a atrazina, (4 L $ha^{-1}$).

Tabela 5. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Verão 2022/2023.

| Sistema | Data de semeadura | Cultura | Cultivar | Recomendação |
|---|---|---|---|---|
| A | 09/10/2022 | Soja | BRS 546 | 14 sementes/m |
| B | 09/10/2022 | Soja | BRS 525 e BRS 539 | 14 sementes /m |
| C | 08/10/2022 | Soja | BRS 284,391,511,523,525,539 e 546 | Espaçamento de 50 cm, 13 a 16 sementes /m |
| D | 09/10/2022 | Soja | BRS 525 e BRS 539 | Espaçamento de 50 cm, 13 a 16 sementes /m |
| E | 04/10/2022 | Milho | - | 14 sementes /m |
| F | 05/10/2022 | Soja | - | 13 a 16 sementes /m |

### 3.2.4 Inverno 2023

A semeadura das culturas de inverno ocorreu entre fevereiro e junho de 2023 (Tabela 6), seguindo estratégias específicas para cada sistema. Antes da implementação das culturas e coberturas de inverno, em todas as áreas orgânicas foi realizado controle de plantas daninhas com auxílio do rolo faca. O trigo mourisco foi implantado nos sistemas A e C, com semeaduras realizadas em 14/03/2023 e 05/04/2023 no sistema C, ambas com densidade de 39 kg $há^{-1}$. Como planta de cobertura, ambos os sistemas receberam o Mix Green Cover, composto por aveia branca (53%), aveia preta (17,5%), centeio (17%), ervilhaca (7,5%) e nabo forrageiro (5%), sendo 65 kg $ha^{-1}$ no sistema A e 73 kg $ha^{-1}$ no sistema C.

O milho foi cultivado nos sistemas B e F, com datas e cultivares específicas para cada área. No sistema B, a semeadura ocorreu em 06/03/2023, com espaçamento de 50 cm entre linhas e densidade de 14 sementes/m, utilizando as cultivares KWS 9510 e 9460, IPR, Agri 330, 340 e 464, além do híbrido AL Bandeirante. Já no sistema F, o milho safrinha foi implantado em 28/02/2023, mantendo a densidade de 14 plantas/m, nessa área foi realizada controle de daninhas com herbicida pós-emergente.

Nos sistemas D e E, a estratégia de cobertura vegetal também foi semelhante, com a introdução do nabo forrageiro, semeado em 15/03/2023 no sistema D e em 16/03/2023 no sistema E, ambos com densidade de 20 kg $ha^{-1}$. Posteriormente, enquanto no sistema D a cobertura do solo foi complementada pela semeadura de trigo em 11/05/2023, no sistema E a cultura estabelecida foi a aveia IPR Artemis, semeada em 08/05/2023.

Tabela 6. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Inverno 2023.

| Sistema | Data de semeadura | Cultura | Cultivar | Recomendação |
|---|---|---|---|---|
| A | 14/03/2023 | Trigo Mourisco | | 39Kg ha$^{-1}$ |
| | 11/05/2023 | Mix Green Cover | MIX (Aveia branca(53%)+aveia preta (17,5%)+centeio 17%)+ Ervilhaca (7,5%)+nabo forrageiro (5%)). | 65 kg ha$^{-1}$ |
| B | 06/03/2023<br>06/03/2023<br>06/03/2023<br>06/03/2023 | Milho | KWS 9510 e 9460 IPR<br>Agri 330,340 e 464<br>AL bandeirante | 14 sementes /m 50 cm espaçamento |
| C | 14/03/2023 | Trigo Mourisco | | 39Kg ha$^{-1}$ |
| | 05/04/2023 | Trigo Mourisco | | 39Kg ha$^{-1}$ |
| | 09/06/2023 | Mix Green Cover | MIX (Aveia branca(53%)+aveia preta (17,5%)+centeio 17%)+ Ervilhaca (7,5%)+nabo forrageiro (5%)). | 73Kg ha$^{-1}$ |
| D | 15/03/2023 | Nabo | Nabo forrageiro | 20kg ha$^{-1}$ |
| | 11/05/2023 | Trigo | ORS Guardião<br>ORS 1403<br>TBIOPonteiro<br>ORS Feroz<br>TBIO Audaz<br>ORS Agile<br>BRS Bela Joia | 100kg ha$^{-1}$<br>100kg ha$^{-1}$<br>100kg ha$^{-1}$<br>100kg ha$^{-1}$<br>100kg ha$^{-1}$<br>100kg ha$^{-1}$<br>100kg ha$^{-1}$ |
| E | 16/03/2023 | Nabo | Nabo forrageiro | 20 kg ha$^{-1}$ |
| | 08/05/2023 | Aveia | IPR Artemis | 103,23 kg ha$^{-1}$ |
| F | 28/02/2023 | Milho safrinha | Pioneer 4285VYHR | 14 plantas por metro |

### 3.2.5 Verão 2023/2024

No verão de 2023/2024 (Tabela 7), antes da implementação da cultura, foi realizado no sistema A, o controle de plantas daninhas e o manejo do Mix de cobertura com o rolo faca em 24/08/2023 e, adubação do solo com Potasil 800kg ha$^{-1}$ em 02/11/2023. No sistema B, a colheita do milho safrinha foi realizada em 26/07/2023, seguida de uma pulverização para controle de cigarrinha com Matrine 1,5L ha$^{-1}$ em 31/08. Foi realizado também o manejo de plantas daninhas

na área, com auxílio do triton. A adubação do sistema B ocorreu no dia 02/10/2023, com Potasil 800kg $ha^{-1}$.

Os sistemas D e E, receberam duas dessecações a vapor pós-colheita, que ocorreram nos dias 19 e 20/09/2023. A fertilidade do solo das duas áreas foi realizada com Potasil 800kg $ha^{-1}$. O sistema C, recebeu manejo com rolo faca em 24/08/2023, para manejo do Mix de cobertura. A adubação da área foi feita com Potasil 800kg $ha^{-1}$.

O sistema F não recebeu manejo pré-semeadura. Foi feito controle de plantas daninhas com auxílio de herbicidas pós emergentes, glifosato (3,300 L $ha^{-1}$, Zapp QI 620) em mistura com o herbicida Cartago (0,45 L $ha^{-1}$ ).

Tabela 7. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no verão 2023/2024

| Sistema | Data de semeadura | Cultura | Cultivar | Recomendação |
|---|---|---|---|---|
| A | 11/10/2023 | Milho | IPR 164 | 1 4 sementes /m |
| B | 03/10/2023 | Soja | BRS 456<br>BRS 539 | 14 sementes/m |
| C | 11/10/2023 | Milho | IPR 164 | 14 sementes /m<br>50 cm<br>espaçamento |
| D | 03/10/2023 | Soja | BRS 456 | 14 sementes/m |
| E | 03/10/2023 | Soja | BRS 546 | 14 sementes/m |
| F | 04/10/2023 | Soja | Monsoy 5947<br>IPRO INTACTA | 10 sementes/m |

### 3.2.6 Inverno 2024

Durante o inverno de 2024 (Tabela 8), as áreas orgânicas A, C e E, não receberam plantas de cobertura antes da implementação da cultura. Foi realizado em todas as áreas a adubação com cama de frango na dose de 3,2 t $ha^{-1}$. Nos sistemas A e B, foi estabelecida a cultura do trigo (cultivar TBio Toruk), semeado nos dias 18 e 28 de maio, respectivamente, com densidade recomendada de 154 kg $ha^{-1}$. A aveia (cultivar Artemis) foi introduzida nos sistemas C e E, com semeaduras realizadas em 7 e 14 de junho, respectivamente, utilizando uma taxa de semeadura de 123 kg $ha^{-1}$.

No sistema D, optou-se pela implantação de uma cultura de cobertura composta por aveia e nabo forrageiro, semeada em 11 de junho, com uma

recomendação de 60 kg ha⁻¹. Já no sistema F, o milho (cultivar Morgan 408) foi estabelecido no dia 28 de fevereiro, com uma densidade de semeadura de 1600 kg ha⁻¹. No sistema F, foi realizado o manejo de plantas daninhas e milho tiguera em pós-emergência com glifosato (3,300 L $ha^{-1}$, Zapp QI 620).

Tabela 8. Detalhamento das culturas implantadas em cada sistema no Inverno 2024.

| Sistema | Data de semeadura | Cultura | Cultivar | Recomendação |
|---|---|---|---|---|
| A | 18/05/2024 | Trigo | Tbio Toruk | 154 kg $ha^{-1}$ |
| B | 28/05/2024 | Trigo | TBio Toruk | 154 kg $ha^{-1}$ |
| C | 07/06/2024 | Aveia | Artemis | 123 kg $ha^{-1}$ |
| D | 11/06/2024 | Mix Cobertura | Aveia + Nabo | 60 kg $ha^{-1}$ |
| E | 14/06/2024 | Aveia | Artemis | 123 kg $ha^{-1}$ |
| F | 28/02/2024 | Milho | Morgan 408 | 1600kg $ha^{-1}$ |

### 3.3 Levantamento fitossociológica

A emergência de plantas daninhas foi monitorada semanalmente, em amostragens fixas de 0,25m². Cada área de cultivo contou com 20 pontos amostrais, já estabelecidos, com a presença de diferentes culturas, avaliados até o fechamento das entre linhas. As mudas de plantas daninhas em cada amostragem foram identificadas quando apresentarem o primeiro par de folhas verdadeiras, segundo a família e espécie, quantificadas e removidas. Todos os experimentos foram realizados com infestações naturais.

Através dos dados obtidos determinou-se a frequência (FRE), abundância (ABU), densidade de plantas (DEN) e o índice de valor de importância (IVI). Para a definição destes parâmetros foram utilizadas as fórmulas propostas por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) e Sorensen, (1972).

$$\text{Frequência} = \frac{\text{N° de parcelas que contém a espécie}}{\text{N° de parcelas utilizadas}}$$

$$\text{Densidade} = \frac{\text{N° de indivíduos por espécie}}{\text{Área total coletada}}$$

$$\text{Abundância} = \frac{\text{N° de indivíduos por espécie}}{\text{N° de parcelas contendo a espécie}}$$

$$\text{Frequência relativa (Fr)} = \frac{\text{Frequência de espécie x 100}}{\text{Frequência total de todas as espécies}}$$

$$\text{Densidade relativa (Dr)} = \frac{\text{Densidade de espécie x 100}}{\text{Densidade total de todas as espécies}}$$

$$\text{Abundância relativa (Ar)} = \frac{\text{Abundância da espécie x 100}}{\text{Abundância total de todas as espécies}}$$

Índice de Valor de Importância (I.V.I.) = Frer + Der + Abr

As espécies coletadas em cada subárea foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas e, posteriormente, pesadas em balança de precisão (0,001g).

### 3.4 Cobertura do solo

Ao longo das avaliações foram amostradas a quantidade média de palha em todas as áreas, onde foi utilizado um quadrado de 0,25m² para a coleta das amostras, lançado aleatoriamente. Foram coletadas quinzenalmente 10 amostras de palha por área, sendo que essas foram secas em uma estufa de circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas e, posteriormente, pesadas em balança.

Foi realizado o monitoramento mensal das áreas orgânicas e convencionais com o auxílio de drones nos anos de 2023 e 2024, visando avaliar a cobertura de palhada no solo. Os voos foram conduzidos a uma altitude de 100 metros, permitindo a captura de imagens aéreas de alta resolução. Essas imagens foram processadas no programa SISCob, o programa desenvolvido pela EMBRAPA, por meio do programa Rede de Agricultura de Precisão (JORGE e SILVA, 2010). O programa utiliza a identificação RGB para calcular a porcentagem de cobertura de palha no solo. Os resultados gerados pelo software foram comparados com os dados coletados diretamente em campo, validando a eficiência do método.

### 3.5 Coleta e preparação das sementes

As sementes de *Bidens pilosa* (Picão branco), *Bidens subalternans* (Picão preto), *Leonurus sibiricus* (Rubim), *Richardia brasiliensis* (Poaia branca), *Gamochaeta coarctata* (Macela), *Conyza canadensis* (Buva), *Digitaria insularis* (Capim amargoso) e *Sonchus oleraceus* (Serralha), presentes nas áreas de

cultivo, foram coletadas assim que atingiram a maturação fisiológica. Após a coleta, as sementes foram secas em temperatura ambiente no laboratório de fisiologia vegetal da UNIOESTE, a fim de eliminar a umidade excessiva. Após a secagem, as sementes passaram por uma seleção, retirando as que estiverem malformadas ou apresentarem danos para padronização. Em seguida, foram armazenadas em sacos de papel e mantidas em câmara fria até a instalação dos experimentos.

Para a uniformização das sementes, foi utilizado uma câmara de germinação BOD (Biochemical Oxygen Demand) com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuridão, mantendo a temperatura entre 20 e 35°C. As sementes foram dispostas em caixas Gerbox (11,0 x 11,0 x 3,0 cm), com duas folhas de papel Germitest umedecidas com água destilada em quantidade correspondente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes cada.

### 3.6 Determinação da temperatura base

Os experimentos para a determinação do efeito da água e da temperatura na germinação de sementes da espécie estudada foram realizados no Laboratório de Sementes da UNIOESTE, Localizado na cidade de Marechal Cândido Rondon.

Foram testados nove regimes de temperatura em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições de 100 sementes, em câmara de germinação BOD (Biochemical Oxigen Demand). Foram utilizadas as seguintes temperaturas alternadas: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45°C.

Para determinar a temperatura base das sementes, foram utilizadas caixas Gerbox, forradas com duas folhas de papel Germitest, umedecidas com água destilada e com volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. As caixas foram mantidas em uma BOD, onde a germinação foi avaliada diariamente, considerando germinadas as sementes com protusão de radícula igual ou superior a 2 mm. As sementes germinadas foram contadas e removidas até que a germinação cesse, enquanto as não germinadas serão coletadas, lavadas e transferidas para outro Gerbox contendo água destilada, e posteriormente para a BOD. Esse procedimento foi realizado para estimar o número total de

sementes viáveis por tratamento, a partir do número de sementes germinadas em cada repetição.

A partir do número de sementes germinadas nas diferentes temperaturas, foi possível determinar a taxa de germinação cumulativa para cada temperatura, modelados através da função de Weibull.

$$y = \alpha\,(1 - e^{-\left(x - T50 + \frac{b\ln 2^{\frac{1}{c}}}{b}\right)c)})$$

onde y é a percentagem de emergência; x é o tempo expresso em dias; α é o percentual máximo de emergência registrada; b a taxa de aumento c o parâmetro da forma e T50 o tempo necessário para obter 50% da emergência.

O tempo necessário para a germinação de 50% do total de sementes germinadas (T50) foi calculado para cada temperatura. Assim, para determinar a temperatura base, ótima e máxima, a taxa de germinação foi estimada em 1/T50 e duas regressões lineares independentes (sub e supra-ótima) que serão geradas com a taxa de germinação em função do tempo da temperatura de incubação (DUMUR et al., 1990).

A temperatura base (Tb) e máxima (Tmax) foram estimadas pela interceptação de cada linha de regressão com a abscissa. A temperatura ótima (To) foi calculada da interceptação dessas duas linhas de regressão (DUMUR et al., 1990; GUILLEMIN et al., 2012), usando-se os interceptos e a inclinação dessas duas equações de regressões:

$$To = ( a2 - a1 / b1 - b2 )$$

$$Tb = -( a1 / b1 )$$

$$Tmax = -( a2 / b2 )$$

Para a estatística e a elaboração dos gráficos, foi utilizado o programa estatístico Sigmaplot® versão 14.5 (for Windows®).

### 3.7 Modelagem e avaliação da dinâmica da emergência da comunidade infestante

A modelagem do fluxo de emergência de plantas daninhas foi realizada a campo, durante cinco anos (2020 a 2024) de cultivo, em cinco áreas de manejos agroecológicos (A, B, C, D e E), e uma área correspondente ao manejo

convencional (F), localizadas no Centro Vocacional Tecnológico de Agroecologia, Mandioca e Agricultura Sustentável do Oeste do Paraná (CVT), em Entre Rios do Oeste. Durante as avaliações, cada área do sistema agroecológico recebeu diferentes manejos e culturas. A escolha de cada cultura obedeceu a um sistema de rotação definido pelo plano de manejo da área experimental. As áreas orgânicas A, C, D e E consistiram em um sistema de rotação de culturas e cobertura vegetal, enquanto a área B, consiste na sucessão de culturas de soja e milho.

As plantas daninhas foram monitoradas semanalmente, em parcelas fixas de 0,25m², em 20 pontos amostrais. Medições diárias de temperatura do solo (Figura 4) foram realizadas na área experimental, durante o período do experimento. Os dados de emergência coletados no levantamento fitossociológico foram convertidos de contagens semanais (de 6 a 8 semanas, a depender da cultura), para emergência cumulativa, com base na emergência total de plântulas emergidas. Da mesma forma, os dados de temperatura foram utilizados para determinar o tempo térmico (TT) de acordo com equação sugerida por (GUMMERSON, 1986; ROMAN; MURPHY; SWANTON, 2000;):

$$TT = \sum(T - Tb)$$

Na qual, para o TT, quando a T (temperatura média diária do solo na profundidade aferida) é maior que a T (temperatura base para a germinação da espécie), é subtraído a temperatura base da temperatura média diária, (T – Tb); caso contrário, não é realizado a subtração, seguindo para o próximo dia.

A contagem do TT se iniciou na data de semeadura de cada safra. Já a relação entre a emergência cumulativa foi descrita pelo modelo Sigmoid, representada pela seguinte equação (HARDEGREE, 2006):

$$y = \frac{a}{1 + e^{-\frac{x - xo}{b}}}$$

Onde: y é a percentagem de emergência; x0 é o tempo para a germinação de 50% da população, sendo expresso em horas (TT), α é a percentagem máxima

de emergência registrada; b é a taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia.

# 4 Resultados e discussão

## 4.1 Levantamento fitossociológica

### 4.4.1 Principais espécies encontradas

Foram identificadas 47 espécies, de 15 famílias, nos levantamentos realizados centre 2020 e 2024 (Tabela 9). As famílias mais representativas de todo o levantamento fitossociológico, no que se refere ao número de espécies foram as Poaceae, Asteraceae e Euphorbiaceae, sendo Poaceae a mais significativa, representando 25% das espécies encontradas. Resultado semelhante foi observado por Silva et al. (2024), que avaliou a composição florística de plantas daninhas em sistemas de produção na região central de Minas Gerais.

A maior diversidade de espécies de plantas daninhas foi observada nos sistemas de cultivos agroecológicos. Resultados semelhantes foram encontrados por Fontanetti, (2007) e Ricci et al., (2008) onde, o sistema agroecológico, teve maior diversidade de espécies de plantas daninhas, quando comparado com o convencional.

Dentre os sistemas agroecológicos o sistema E, apresentou maior diversidade com 36 espécies de planas daninhas identificadas. A alta diversidade de plantas daninhas em sistemas agroecológicos pode estar associado a vários fatores relacionados às práticas de manejo adotadas nessas áreas. A ausência do uso de herbicidas permite que uma variedade maior de espécies de plantas daninhas emerja e se estabeleça. Além disso, práticas como a rotação de culturas e o uso de adubação orgânica influenciam a composição e a dinâmica das comunidades de plantas daninhas (VAZ DE MELO et al. 2007; CORREIA & DURIGAN, 2004), o que cria um ambiente em constante mudança, dificultando o domínio de espécies específicas de plantas daninhas, mas também pode contribuir para uma maior diversidade dessas espécies (DA SILVA et al. 2023).

Tabela 9. Família, espécie e nome comum das espécies identificadas nas áreas com manejos agroecológicos e convencional durante o período de 2020 a 2024.

| Família | Nome científico | Nome comum | Sistemas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | B | C | D | E | F |
| Amaranthaceae | *Amaranthus spp.* | Caruru | *x* | *x* | *x* | x | *x* | *x* |
| | *Alternanthera tenella* | Apaga Fogo | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* | x |
| Apiaceae | *Bowlesia incana* | Erva salsa | | | *x* | | *x* | |
| | *Cyclospermum leptophyllum* | Gertrudes | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* |
| Asteraceae | *Acanthospermum hispidum* | Carapicho carneiro | *x* | | | *x* | | |
| | *Conyza canadensis* | Buva | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* |
| | *Bidens subalternans* | Picão Preto | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* |
| | *Emilia Fosbergi* | Falsa serralha | | | | | *x* | *x* |
| | *Galinsonga parviflora* | Picão branco | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* | |
| | *Gamochaeta coarctata* | Macela | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* |
| | *Pharthenium hysterophorus* | Losna Branca | | | | x | *x* | |
| | *Sonchus oleraceus* | Serralha | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* | *x* |
| | *Tridax procumbens* | Erva de Touro | *x* | *x* | x | | x | |
| | *Porophyllum ruderale* | Couve Cravinho | *x* | | | | | |
| Brassicaceae | *Coronopus didymus* | Mastruço, mastruz | x | x | x | | x | x |
| | *Raphanus Raphanistrum* | Nabo | x | x | x | x | x | |
| | *Raphanus sativus L.* | Nabiça | x | x | x | x | x | x |
| Commelinaceae | *Commelina benghalensis* | Trapoeraba | x | x | x | x | x | x |
| Convolvulaceae | *Ipomea triloba* | Cipó corda de Viola | x | x | x | | x | x |
| Euphorbiaceae | *Chamaesyce hyssopifolia* | Burra-leiteira | | | | | x | |
| | *Euphorbia Heterophylla* | Amendoim Bravo | x | x | x | x | x | x |
| | *Euphorbia prostrata* | Quebra pedra rasteiro | x | x | | x | | x |
| | *Euphorbia hirta* | Erva de santa Luzia | | | | x | x | |
| | *Manihot esculenta* | Mandioca | | | | x | | |

Continua...

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Glycine max* | Soja | | | | x | x | x |
| Fabaceae | *Phaseolus vulgaris* | Feijão | x | | | | | |
| | *Dolichos lablab* | Lab-lab | x | x | | | | |
| | *Pisum sativum* | Ervilha | | | x | | | |
| Lamiaceae | *Leonurus sibiricus* | Rubim | x | x | x | x | x | x |
| | *Stachys arvensis* | Orelha de urso | x | x | x | x | x | x |
| Malvaceae | *Sida spp.* | Guanxuma | x | x | x | x | x | x |
| Marantaceae | *Maranta sobolifera* | Caeté | | | | x | x | |
| Poaceae | *Avena sativa* | Aveia | | x | | x | x | x |
| | *Brachiaria plantaginea* | Capim marmelada | x | | | x | x | |
| | *Cenchus echinatus* | Capim Carrapicho | | | | x | | |
| | *Digitaria horizontalis* | Capim Colchão | x | x | | x | x | x |
| | *Digitaria Insularis* | Capim Amargoso | | x | x | x | x | x |
| | *Eleusine indica* | Capim pé de galinha | | | | x | x | |
| | *Panicum maximum* | Capim Colonhão | | | | x | x | |
| | *Pennisetum glaucum* | Milheto | | | | | x | |
| | *Secale cereale* | Centeio | | | x | | | |
| | *Sorghum halepense* | Vassoura | | | | x | | |
| | *Triticum aestivum* | Trigo | x | | | x | x | |
| | *Zea mais* | Milho | | x | x | | | x |
| Rubiaceae | *Richardia brasiliensis* | Poaia Branca | x | x | x | x | x | x |
| Solanaceae | *Solanum americanum* | Maria pretinha | | x | | x | x | |
| Urticaceae | *Parietaria debilis* | Erva de ganso | | x | | x | x | x |

### 4.1.2 Dinâmica de emergência

**Densidade**

A densidade e o número total de espécies de planta daninhas por área, estão descritos na Tabela 10. No sistema B, verificou-se a maior densidade acumulada de plantas, resultado da elevada pressão exercida pela população inicial no verão de 2020/21, destacando-se as espécies *Amaranthus spp*. e *Commelina benghalensis*. Esse comportamento sugere uma maior adaptação dessas espécies às condições de manejo adotadas.

Por outro lado, nos sistemas A e C observou-se uma menor emergência de plantas daninhas, possivelmente devido à rotação com plantas de cobertura, estratégia que pode ter contribuído para a supressão da emergência ao longo do ciclo agrícola. O sistema E, apesar da adoção da rotação de culturas, a densidade acumulada de plantas daninhas foi a mais elevada entre os sistemas agroecológicos avaliados. Esse resultado pode estar associado à ausência de cobertura do solo durante o período de pousio, fator que favoreceu a emergência no inverno de 2021, possivelmente em função do enriquecimento do banco de sementes e da menor competição interespecífica nesse intervalo. No verão de 2021/2022, houve redução acentuada da densidade nos sistemas A e F (4 pl/m²), os sistemas B (292 pl/m²), C (288 pl/m²) e E (500 pl/m²), mantiveram níveis relativamente elevados.

O inverno de 2022 foi marcado por um aumento expressivo da densidade em alguns sistemas, com destaque para os sistemas A (6024 pl/m²), B (17892 pl/m²) e C (10044 pl/m²), enquanto o sistema D manteve a menor densidade (104 pl/m²) destacando-se as espécies *Richardia brasiliensis, Pennisetum glaucum* e Gamochaeta coarctata. No verão de 2022/2023, a densidade das plantas daninhas foi reduzida em todos os sistemas, especialmente no sistema F (17 pl/m²).

No Sistema A, a densidade alcançou o pico durante o Verão 2023/2024, (4340 plantas/m²), mas caiu drasticamente (364 plantas/m²) no Inverno 2024. Esse padrão de densidade maior no verão também aparece em outros sistemas, como no Sistema B, que atingiu 7836 plantas/m², o maior valor registrado dentre os sistemas agroecológicos nesse período. Os invernos apresentaram menor densidade de plantas daninhas, possivelmente devido às baixas temperaturas e

ao clima seco, que reduzem o crescimento dessas espécies. Além disso, a utilização de plantas de cobertura no inverno contribui para a supressão da emergência de plantas daninhas, ao criar uma barreira física que bloqueia a passagem da luz solar e dificulta a germinação (BALBINOT et al., 2007; BALBINOT et al., 2008). Esse efeito pode explicar a menor emergência de daninhas nessa estação em comparação com o verão.

A diversidade de espécies varia significativamente ao longo das estações, sendo geralmente maior durante os verões, o que indica que as condições climáticas dessa época favorecem o crescimento de diferentes plantas daninhas. No Sistema E, por exemplo, 16 espécies foram registradas no Verão 2020/2021, enquanto no Inverno 2024 esse número caiu para 10 espécies. Já no Sistema F, houve casos em que uma alta densidade esteve associada a uma baixa diversidade, como no Inverno 2021, quando foram registradas 3148 plantas/m². Esse cenário sugere que algumas espécies dominantes podem ter se multiplicado rapidamente e suprimido a diversidade local. Outra hipótese, seria a resistência dessas espécies ao controle químico. O uso intensivo de herbicidas ao longo das décadas levou à seleção de biótipos resistentes em diversas classes de herbicidas, e alguns mecanismos de ação favoreceram essa resistência com maior frequência (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

Tabela 10. Densidade acumulada das plantas daninhas nos sistemas A, B, C, D, E e F durante o período de avaliação de 2020 a 2024.

| Sistema | Inverno 2020 | Verão 2020/2021 | Inverno 2021 | Verão 2021/2022 | Inverno 2022 | Verão 2022/2023 | Inverno 2023 | Verão 2023/2024 | Inverno 2024 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (pl/m²) | (pl/m²) | (pl/m²) | (pl/m²) | (pl/m²) | (pl/m²) | (pl/m²) | (pl/m²) | (pl/m²) |
| **A** | 597 | 1940 | 1120 | 4 | 6024 | 143 | 2648 | 4340 | 364 |
| **B** | 572 | 4208 | 1328 | 292 | 17892 | 146 | 1160 | 7836 | 172 |
| **C** | 780 | 2384 | 1288 | 288 | 10044 | 113 | 3320 | 5076 | 528 |
| **D** | 1368 | 2268 | 684 | 292 | 104 | 175 | 964 | 2996 | 680 |
| **E** | 684 | 1945 | 5776 | 500 | 4040 | 115 | 364 | 2840 | 872 |
| **F** | 1533 | 48 | 3148 | 4 | 15176 | 17 | 60 | 1076 | 564 |

**Indice de Valor de Importância**

A dinâmica populacional de plantas daninhas em sistemas agrícolas é influenciada por fatores como práticas de manejo, rotação de culturas e condições edafoclimáticas. A análise dos índices fitossociológicos permite compreender a distribuição e a importância das principais espécies infestantes em diferentes períodos do ciclo produtivo. O Índice de Importância Relativa (IIR%) das plantas daninhas presentes no sistema agroecológico A (Figura 4), evidenciou alterações significativas na composição da comunidade infestante ao longo dos anos e das estações. Os resultados demonstram a dinâmica populacional das principais espécies.

*Leonurus sibiricus* apresentou alta frequência em diversos momentos, especialmente nos invernos e verões mais recentes, alcançando valores superiores a 50% de importancia. Esse padrão pode estar relacionado à capacidade de adaptação da espécie a diferentes condições ambientais e ao seu ciclo fenológico, que favorece sua persistência em sistemas agrícolas com menor perturbação mecânica. Estudos como os de Maciel et al. (2010) indicam que a presença de determinadas plantas daninhas em sistemas agroecológicos pode estar diretamente relacionada às práticas de manejo utilizadas, incluindo o preparo do solo e a ausência de herbicidas químicos.

*Amaranthus spp***.** apresentou oscilações ao longo do período avaliado, sendo mais expressiva em invernos como o de 2023 e no verão subsequente (2023/2024). A alta capacidade de produção de sementes e a eficiência no uso de recursos ambientais tornam essa espécie altamente competitiva. Estudos indicam que espécies desse gênero possuem alta plasticidade fenotípica, germinam em uma ampla faixa de temperaturas e são favorecidas por sistemas com menor uso de herbicidas de amplo espectro (LORENZI, 2000).

*Bidens subalternans*, por sua vez, destacou-se nos invernos de 2023 e 2024, atingindo um Índice de Importância Relativa de até 39%, o que pode indicar sua adaptação a períodos de menor temperatura e umidade moderada. Essa espécie ocorre ao longo de todo o ano, com maior infestação na primavera e no verão, sendo frequentemente relatada em sistemas agrícolas devido à sua elevada produção de sementes e eficiente capacidade de dispersão (BOGOSAVLJEVIĆ1; ZLATKOVIĆ, 2015).

*Richardia brasiliensis* apresentou participação relevante nos primeiros anos da análise (2020 e 2021), mas sua importância relativa diminuiu nos anos subsequentes. Essa espécie é frequentemente relatada em sistemas agrícolas conservacionistas e pode indicar mudanças nas condições edáficas e de manejo. *Sida spp.,* embora menos constante, reapareceu com mais relevância no inverno de 2024, possivelmente devido à sua capacidade de perenização.

Outras espécies também apresentaram importância significante ao decorrer doa anos. Esse fenômeno pode indicar elevada diversidade de plantas daninhas secundárias, que, apesar de não dominantes, exercem influência significativa na competição por recursos e na dinâmica do agroecossistema. Em sistemas orgânicos, onde a utilização de herbicidas é restrita, a análise fitossociológica torna-se essencial para orientar técnicas de controle mecânico, cobertura vegetal e rotação de culturas (CARVALHO et al., 2011). Trabalhos como os de Erasmo et al. (2004) ressaltam a importância da diversidade florística para a compreensão dos processos ecológicos em sistemas agrícolas de base sustentável.

A composição da comunidade de plantas daninhas no sistema agroecológico A é altamente dinâmica, influenciada por fatores sazonais e práticas de manejo. O predomínio de determinadas espécies em momentos específicos sugere que adaptações estratégicas são necessárias para minimizar os impactos dessas plantas na produção agrícola. A elevada abundância de algumas espécies está possivelmente relacionada às práticas de manejo adotadas no sistema. A ausência de um controle eficiente durante estágios iniciais do ciclo das culturas pode ter favorecido a expansão de determinadas daninhas. A continuidade dos estudos, aliada à integração de múltiplas técnicas de manejo, é essencial para garantir a eficiência do controle das plantas daninhas e a manutenção da biodiversidade no sistema agroecológico.

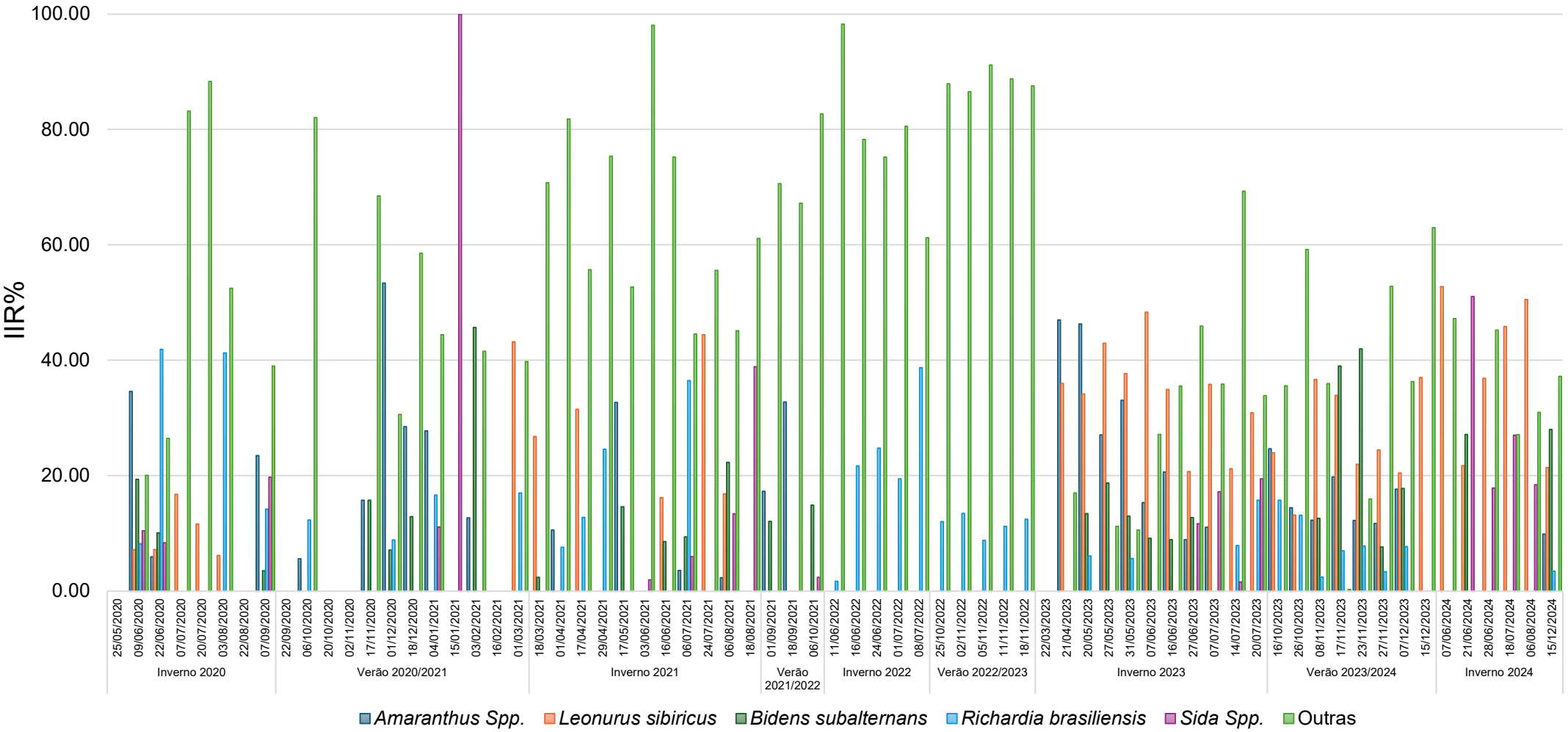



Figura 4. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema A durante o período de avaliação de 2020 a 2024.

Para o sistema B (Figura 5), as espécies com maior índice de importância variaram ao longo das safras, o que indica possíveis mudanças nas práticas de manejo e nas condições ambientais. Os resultados indicam que, durante os meses de inverno, há uma predominância de outras espécies de plantas daninhas, que embora apresentem um índice de importância relativa de 100% em determinados momentos, esse valor não reflete necessariamente um grande volume dessas espécies na área avaliada. Esse resultado ocorre porque, no momento da amostragem, apenas uma ou poucas espécies estavam presentes, levando a um valor elevado de importância relativa devido à ausência das demais espécies no registro específico.

Nesse sistema, as principais espécies encontradas durante o período de avaliação foram *Leonurus sibiricus, Richardia brasiliensis, Amaranthus spp., Alternanthera tenella* e *Commelina benghalensis*.

No período de verão, observa-se um aumento na diversidade e na importância relativa das principais espécies de plantas daninhas. Por exemplo, *Amaranthus spp*. demonstrou uma expressiva presença em datas como 01/12/2020 (69,48%), 18/12/2020 (69,09%) e 26/10/2023 (58,05%). Este gênero é amplamente reconhecido por sua elevada taxa de crescimento, já que faz uso eficiente dos recursos ambientais durante os estádios iniciais de crescimento e, alta capacidade de produção de sementes, o que explica sua predominância neste período (CARVALHO et al., 2008).

*Leonurus sibiricus* também apresentou flutuações ao longo das estações. Durante o verão, seu índice de importância relativa atingiu valores significativos, como 69,01% em 07/09/2020, 59,27% em 03/02/2021 e 73,81% em 21/06/2024. Esse comportamento pode estar relacionado à adaptação dessa espécie. Estudos demonstram que espécies como *Richardia brasiliensis* e *Leonurus sibiricus* são comuns em áreas de plantio direto devido à sua capacidade regenerativa (LORENZI, 2000).

*Richardia brasiliensis* demonstrou um padrão de aumento da importância relativa em alguns períodos específicos, como 16/02/2021, quando atingiu 100% da comunidade, e 18/11/2022, com 44,88%. Sua presença pode indicar alterações nas condições edáficas ou no manejo da área. A predominância de *Richardia brasiliensis* deve-se à sua ampla distribuição nas regiões agrícolas do Centro-Oeste, Sul e Sudeste, além de sua elevada capacidade de adaptação a diferentes sistemas de plantio (PEDRINHO JUNIOR et al., 2004).

*Alternanthera tenella* apresentou uma presença menos constante, mas com picos notáveis, como em 22/06/2020 (57,91%) e 25/10/2022 (34,48%). Essa espécie pode se beneficiar de períodos de solo exposto, como durante as entressafras, ao se estabelecer em momentos específicos devido à redução de outras espécies e competição por recursos. (OLIVEIRA JR. Et al., 2006; TIMOSSI et al., 2006; CANOSSA et al., 2008).

*Commelina benghalensis* mostrou importância relativa significativa em alguns momentos, como em 17/11/2020 (55,35%), 03/02/2021 (17,59%) e 06/08/2024 (26,28%). Sua presença pode estar associada a condições de umidade elevada e a práticas de manejo que favorecem sua propagação vegetativa. Devido à sua alta capacidade de regeneração, essas espécies de plantas daninhas são consideradas difíceis de manejar mecanicamente, principalmente quando seu controle é realizado por roçada (LEMOS et al., 2013).

A análise dos dados do levantamento fitossociológico revela que a dinâmica de infestação no sistema B é influenciada pela sazonalidade, resultando na predominância de diferentes espécies ao longo do ano. Observa-se uma maior diversidade e densidade de plantas daninhas durante o período de verão, possivelmente em resposta a condições ambientais mais favoráveis ao crescimento e estabelecimento dessas espécies.

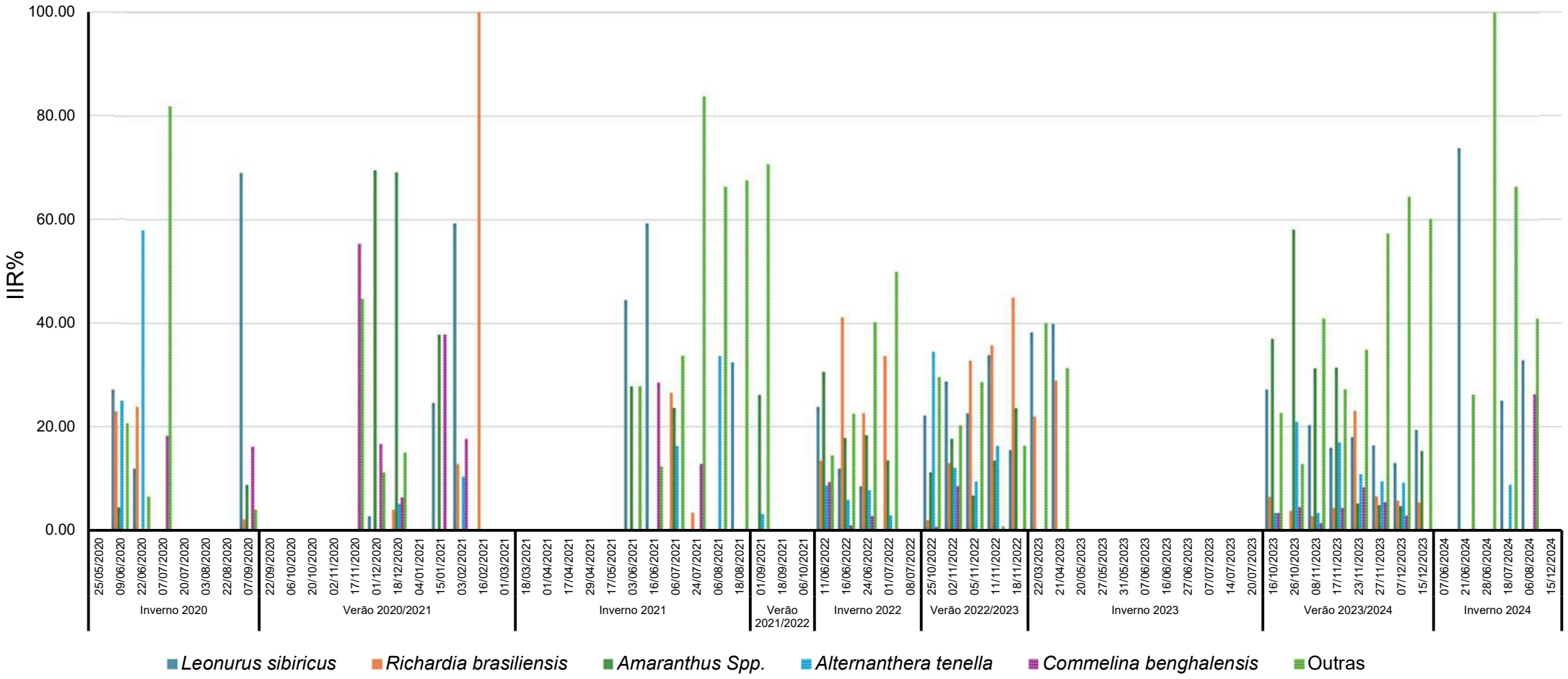



Figura 5. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema B durante o período de avaliação de 2020 a 2024.

No sistema C (Figura 6), durante os períodos de inverno, observa-se um aumento na representatividade de outras espécies de plantas daninhas, indicando uma menor dominância de espécies específicas e possivelmente uma maior heterogeneidade na composição das comunidades infestantes. Por outro lado, no verão, determinadas espécies apresentam picos de importância, o que sugere que preferencias por condições ambientais específicas.

Dentre as espécies identificadas, *Bidens subalternans, Commelina benghalensis, Richardia brasiliensis, Amaranthus spp.* e *Leonurus sibiricus*, destacam-se pela dominância de infestação do sistema. *Commelina benghalensis* apresentou 100% do índice em diversas datas durante o verão de 2020/2021, evidenciando uma forte capacidade de competição e estabelecimento sob essas condições. De forma similar, *Bidens subalternans* mostrou altos índices de importância em diferentes momentos, particularmente no inverno de 2022, atingindo 80,57% em junho. A presença marcante de *Bidens subalternans* em áreas agrícolas é corroborada por estudos que destacam sua ampla distribuição e capacidade de adaptação a diferentes sistemas de cultivo (BRIGHENTI, 2010).

A presença de *Leonurus sibiricus* e *Richardia brasiliensis* indica a resiliência dessas espécies em condições de inverno. Essas espécies são reconhecidas por sua capacidade de colonizar áreas agrícolas e competir com culturas de interesse econômico. Estudos fitossociológicos em sistemas de produção de grãos indicam que o manejo adotado influencia diretamente a composição florística das comunidades de plantas daninhas. Bordin et al., (2021) destacam que práticas como a rotação de culturas e o uso de adubos verdes podem alterar a dinâmica populacional dessas espécies, reduzindo a infestação de algumas e favorecendo outras.

O verão de 2023/2024 manteve a tendência de predomínio de *Amaranthus spp*, seguido por *Leonurus sibiricus* e *Bidens subalternans*, isso demostra a capacidade de estabelecimento competitivo dessas espécies. A presença de *Commelina benghalensis* em níveis relativamente altos sugere que essa espécie encontra condições favoráveis para sua emergência e crescimento durante o período de verão. No inverno de 2024, *Bidens subalternans, Leonurus sibiricus* e *Amaranthus spp.* continuaram com altos índices de importância.

A persistência de *Amaranthus spp.* e reforça a importância dessa espécie em ambientes de verão, sugerindo uma maior taxa de emergência em função da

temperatura e umidade do solo. A presença de períodos em que as demais espécies atingem o pico de importância mostra que, em determinados momentos, a infestação foi composta por espécies menos frequentes na área de estudo, ou que a baixa diversidade resultou na dominância de uma única espécie no momento do levantamento.

A sazonalidade também influencia a diversidade e densidade das plantas daninhas, como evidenciado pelos picos de infestação observados nos verões. O aumento na diversidade durante esse período pode estar relacionado a condições climáticas favoráveis, como temperaturas mais altas e maior disponibilidade hídrica, proporcionando um ambiente propício para o crescimento e estabelecimento de múltiplas espécies.

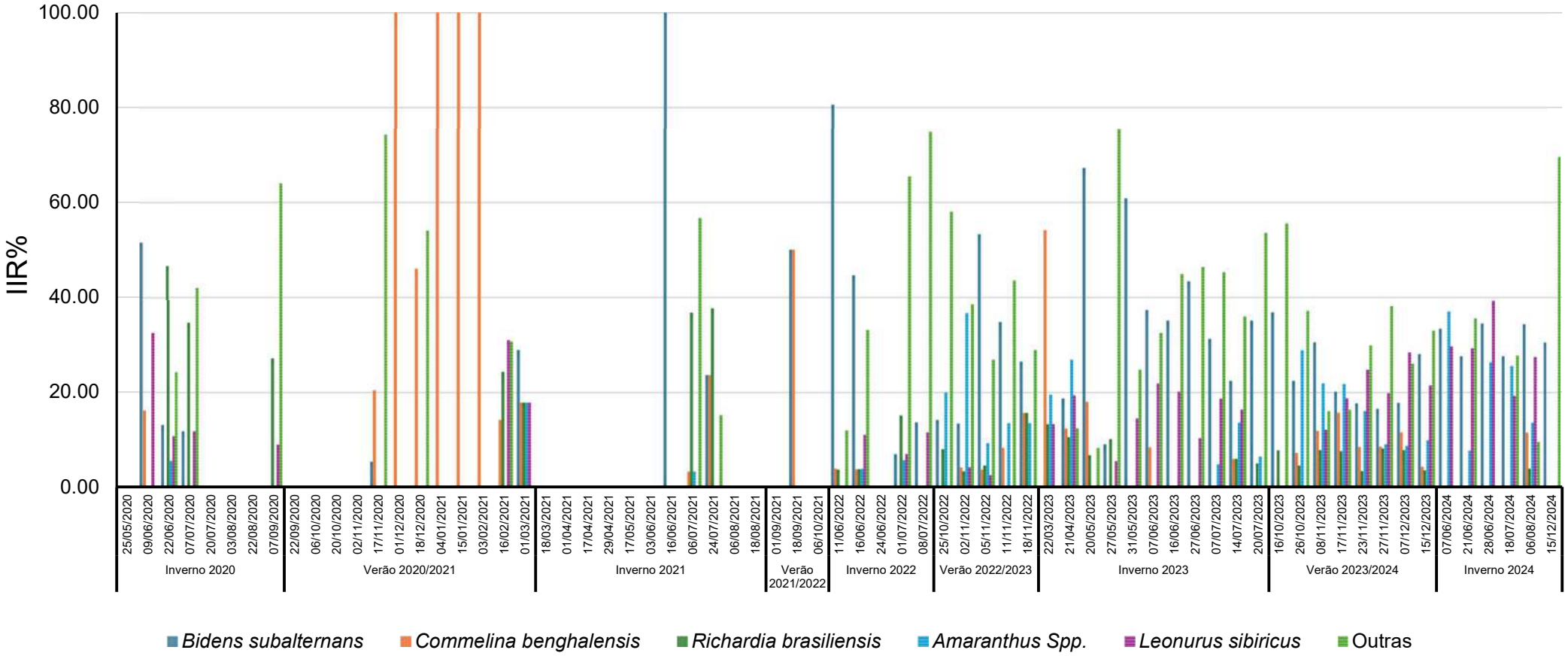



Figura 6. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema C durante o período de avaliação de 2020 a 2024.

No sistema D (Figura 7), durante o período de avaliação, as espécies *Bidens subalternans*, *Euphorbia heterophylla*, *Richardia brasiliensis*, *Sida* spp. e *Leonurus sibiricus* destacaram-se como as mais relevantes, apresentando os maiores índices de importância relativa em diferentes momentos. Esses dados corroboram achados de estudos anteriores que destacam a relevância da sazonalidade na dinâmica de populações infestantes (Vargas et al., 2021; Lorenzi, 2008).

Em abril de 2021 e março de 2023, *Euphorbia heterophylla* apresentou valores elevados (70% e 100%, respectivamente). A alta incidência de *E. heterophylla* é consistente com levantamentos fitossociológicos em outras culturas, onde essa espécie tem sido identificada como dominante (SILVA et al., 2017; ADEGAS et al., 2010). No verão de 2022/2023, *Euphorbia heterophylla* apresentou os maiores índices de importância, o que demonstra adaptação às condições ambientais do período. A germinação de *E. heterophylla* ocorre em diferentes profundidades do solo, o que favorece sua persistência no ambiente (CANOSSA et al., 2007). Além disso, sua capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas permite que se estabeleça em diversas regiões agrícolas. Estudos demonstram que essa espécie pode reduzir significativamente a produtividade das culturas devido à forte competição por água, luz e nutrientes (DA SILVA et al., 2019).

Durante os verões, especialmente nos anos de 2021 e 2023, Sida spp. apresentou índices elevados, atingindo 50% em setembro de 2021 e 100% em outubro de 2023. Espécies desse gênero são frequentemente encontradas em pastagens e culturas anuais, sendo tolerantes a solos de baixa fertilidade e elevada acidez, ainda que seu desenvolvimento possa ser limitado nessas condições (CUNHA et al., 2013). Da mesma forma*, Richardia brasiliensis* demonstrou maior relevância em determinados momentos, como julho de 2021 e julho de 2023, sugerindo que suas características ecológicas favorecem a dominação em ambientes de transição climática.

A presença de *Bidens subalternans* foi observada em diversos momentos, com destaque para junho e julho de 2023, quando os valores oscilaram entre 27,78% e 46,5%. Essa espécie é frequentemente associada a cultivos anuais e apresenta alta produção de sementes viáveis, permitindo sua persistência ao longo das safras (Maciel et al., 2010). Grombone-Guaratini et al. (2004) investigaram a biologia reprodutiva de espécies do gênero *Bidens* e ressaltaram a capacidade dessas plantas

em se adaptar a diferentes condições ambientais, influenciando sua dominância em certos períodos.

*Leonurus sibiricus*, por sua vez, demonstrou participação relevante em momentos específicos, como fevereiro de 2021 e julho de 2023, quando atingiu valores de 14,48% e 29,7%, respectivamente, possivelmente devido à sua capacidade de colonizar áreas degradadas. Essas flutuações indicam que as condições climáticas e de manejo durante o verão podem favorecer o crescimento e a disseminação dessas espécies.

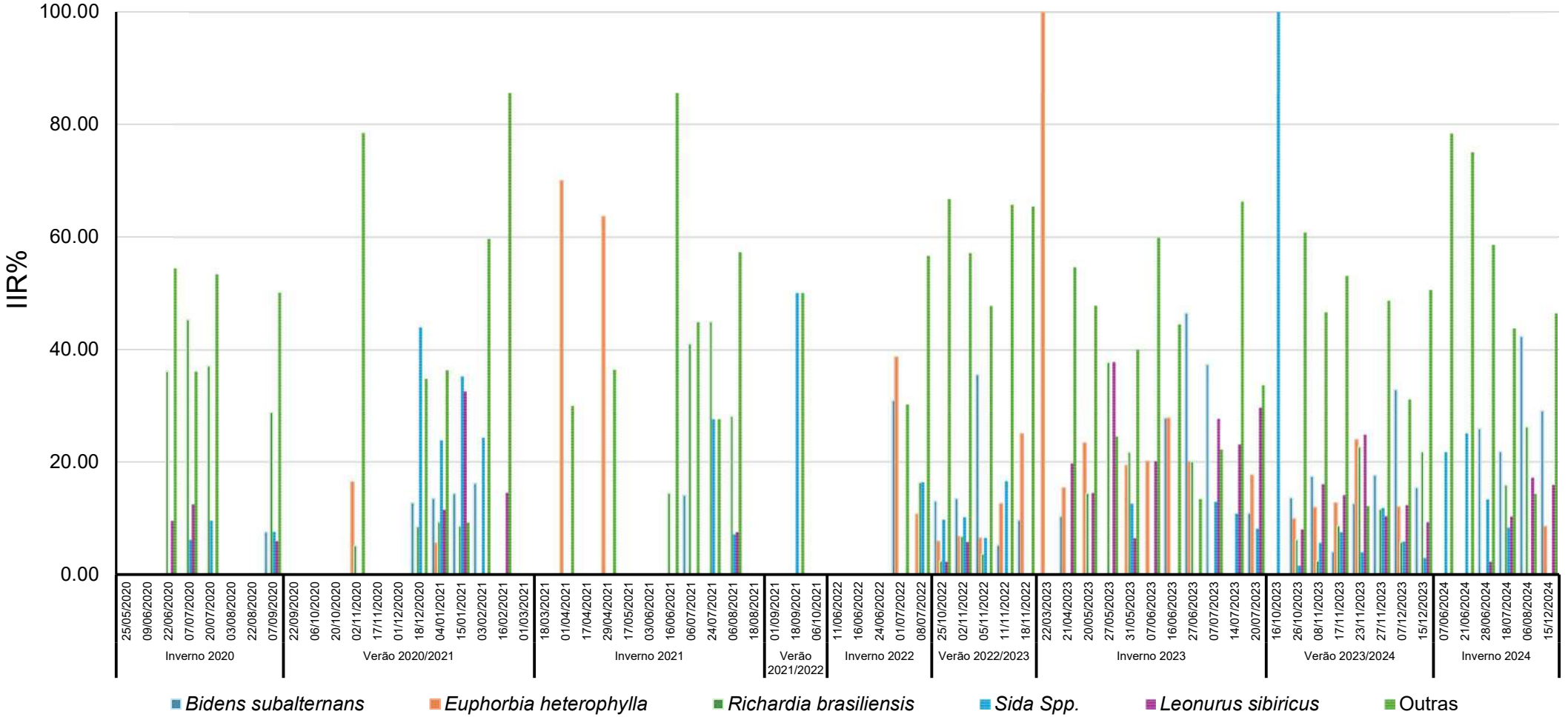



Figura 7. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema D durante o período de avaliação de 2020 a 2024.

.

Dentro do sistema E (Figura 8), as cinco principais espécies identificadas foram *Richardia brasiliensis, Commelina benghalensis, Euphorbia heterophylla, Bidens subalternans* e *Raphanus sativus L*., enquanto outras espécies apresentaram contribuições variáveis ao longo do período. Nos períodos de inverno, *Richardia brasiliensis* e *Euphorbia heterophylla* se destacaram, como observado em 06/07/2021 e 17/05/2021, respectivamente, sugerindo que essas espécies possuem uma adaptação diferenciada às condições ambientais dessa estação.

No verão de 2020/2021, *Richardia brasiliensis* apresentou altos índices de importância relativa em 04/01/2021 (100%), 16/02/2021 (75,93%) e 01/03/2021 (49,05%), evidenciando sua relevância nesse período. *Commelina benghalensis* também assumiu destaque, especialmente em 01/12/2020 (66,96%) e 15/01/2021 (61,95%), indicando sua forte presença em ambientes de maior umidade e temperaturas elevadas. O verão de 2021/2022 demonstrou uma alternância na dominância entre *Euphorbia heterophylla* e *Commelina benghalensis*, com índices elevados para *E. heterophylla* em 01/09/2021 (28,89%) e *C. benghalensis* em 06/10/2021 (18,27%).

Nos anos subsequentes, *Richardia brasiliensis* manteve sua importância, principalmente nos invernos de 2023 e 2024, apresentando índices elevados em 31/05/2023 (74,51%), 16/06/2023 (100%) e 07/07/2023 (100%). *R. brasiliensis* é uma das principais plantas daninhas em áreas agrícolas, com elevada capacidade de persistência e adaptação a diferentes condições e diferentes cultivos (MACIEL et al., 2010; MONQUERO & CHRISTOFFOLETI, 2005). Resultados semelhantes foram encontrados por Schmidt, 2022, quando comparou a emergência de plantas daninhas em diferentes sistemas agrícolas.

No verão de 2023/2024, a dominância foi mais distribuída entre as espécies, com *Richardia brasiliensis, Commelina benghalensis* e *Euphorbia heterophylla* apresentando contribuições variáveis ao longo do tempo, sugerindo uma competição equilibrada entre elas.

*R. brasiliensis* se destaca como a principal espécie ao longo das safras, especialmente no verão, enquanto *C. benghalensis e E. heterophylla* apresentam importância relativa elevada em períodos específicos. A presença de outras especies em durante os invernos sugere uma diversidade de espécies de menor frequência, possivelmente influenciada por fatores ambientais e práticas de manejo.

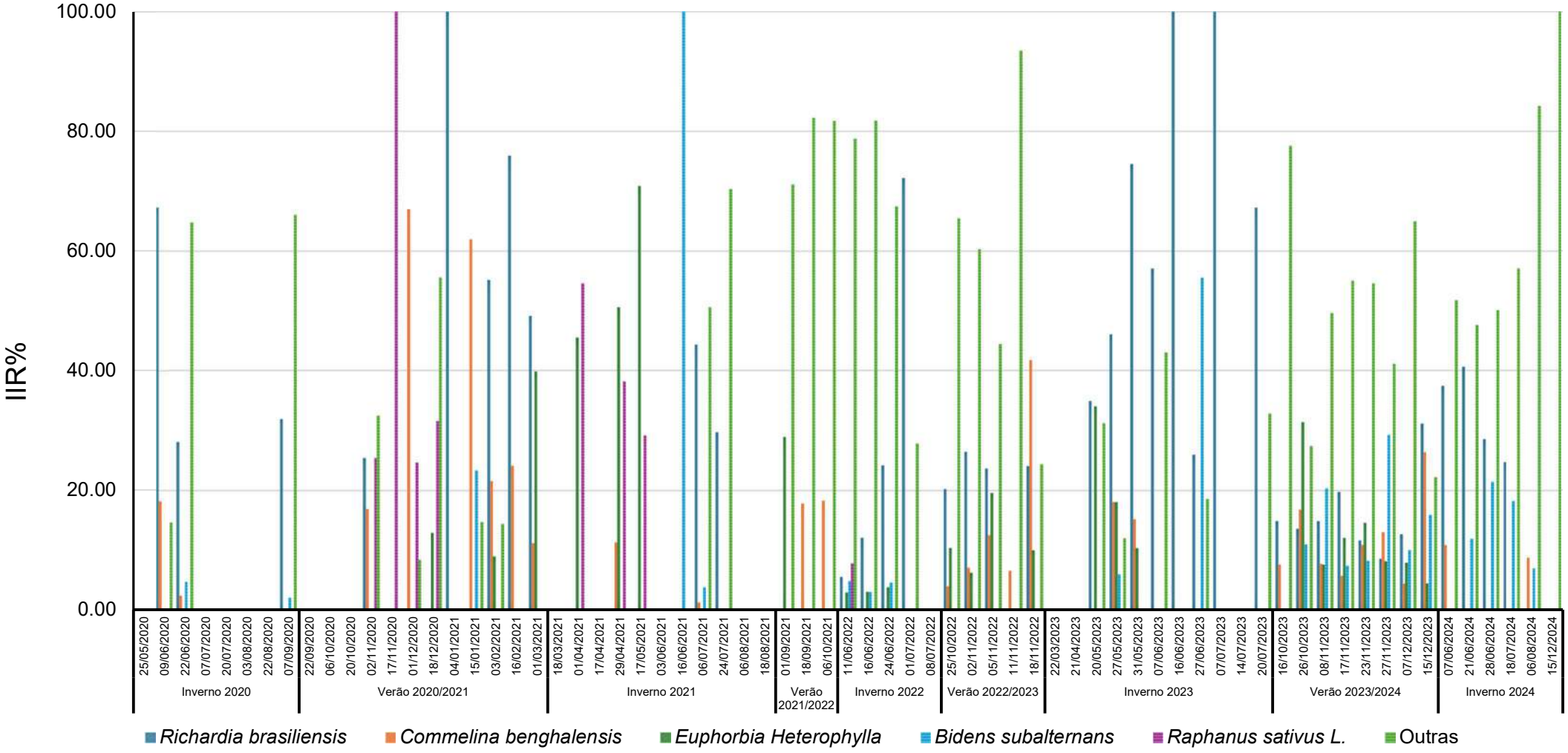



Figura 8. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema E durante o período de avaliação de 2020 a 2024.

.

O sistema F (Figura 9), de modo geral, apresenta baixa diversidade de plantas daninhas, resultado do uso contínuo de herbicidas. Esse manejo promove a seleção de espécies tolerantes, reduzindo a competição e favorecendo o domínio de algumas espécies na área. No inverno de 2020, destaca-se *Leonurus sibiricus*, que apresentou um pico de 33,33% no dia 9 de junho, enquanto *Sonchus oleraceus* alcançou 39,63% em 22 de junho. Entretanto, a presença dessas espécies foi temporária, pois nos meses subsequentes seus índices retornaram a zero. Durante o verão 2020/2021, observa-se uma drástica redução da diversidade de plantas daninhas. Esse padrão sugere uma maior homogeneidade da flora infestante no período de temperaturas mais elevadas.

No inverno de 2021, *Conyza canadensis* e *Stachys arvensis* apresentaram ocorrências expressivas. Em 6 de julho, *C. canadensis* atingiu 21,45% e *S. arvensis* 10,34%, valores que aumentaram consideravelmente em 24 de julho, quando *S. arvensis* representou 43% do índice de importância relativa. Essa espécie manteve-se dominante também no inverno de 2022, alcançando 90,60% em 16 de junho. Tais resultados indicam uma adaptação eficiente dessas espécies às condições térmicas e de umidade do inverno.

Nos invernos de 2023 e 2024, *C. canadensis* volta a apresentar destaque, atingindo 38,89% em maio de 2023 e 50% em outubro do mesmo ano. Esses valores sugerem que a espécie possui uma dinâmica de estabelecimento favorecida pelas condições de inverno, reforçando sua importância como planta daninha neste sistema.

O verão 2023/2024 teve maior diversidade de espécies, com *Leonurus sibiricus*, *Sonchus oleraceus* e *Commelina benghalensis* apresentando valores significativos. *Leonurus sibiricus* alcançou 32% em 7 de dezembro, enquanto *Sonchus oleraceus* obteve 23% em 8 de novembro. Esses resultados indicam que tais espécies são favorecidas pelas condições térmicas e de umidade da estação chuvosa, podendo representar um desafio para o manejo agrícola nessa época.

De maneira geral, observa-se que *Stachys arvensis* predomina no período de inverno, enquanto *Leonurus sibiricus* e *Sonchus oleraceus* tendem a aumentar sua ocorrência no verão. *Conyza canadensis* demonstra uma presença intermitente, com picos de ocorrência tanto no inverno quanto no verão, o que indica uma maior plasticidade ecológica.

A sucessão das espécies ao longo das estações reflete a interação entre o manejo agrícola e a dinâmica das plantas espontâneas. Estudos como os de Cunha et al. (2014) indicam que o preparo convencional do solo pode favorecer o recrutamento de determinadas espécies de plantas daninhas ao longo dos ciclos agrícolas. A presença constante de *Conyza canadensis* pode indicar resistência aos métodos de controle com herbicidas, como o glifosato. Palma-Bautista et al. (2018) relataram o primeiro caso de resistência múltipla dessa espécie ao glifosato e ao flazasulfuron na Hungria. Esse fenômeno ressalta a necessidade de estratégias de manejo integradas, que combinem diferentes métodos de controle para reduzir a seleção de biótipos resistentes e minimizar os impactos na produtividade agrícola.

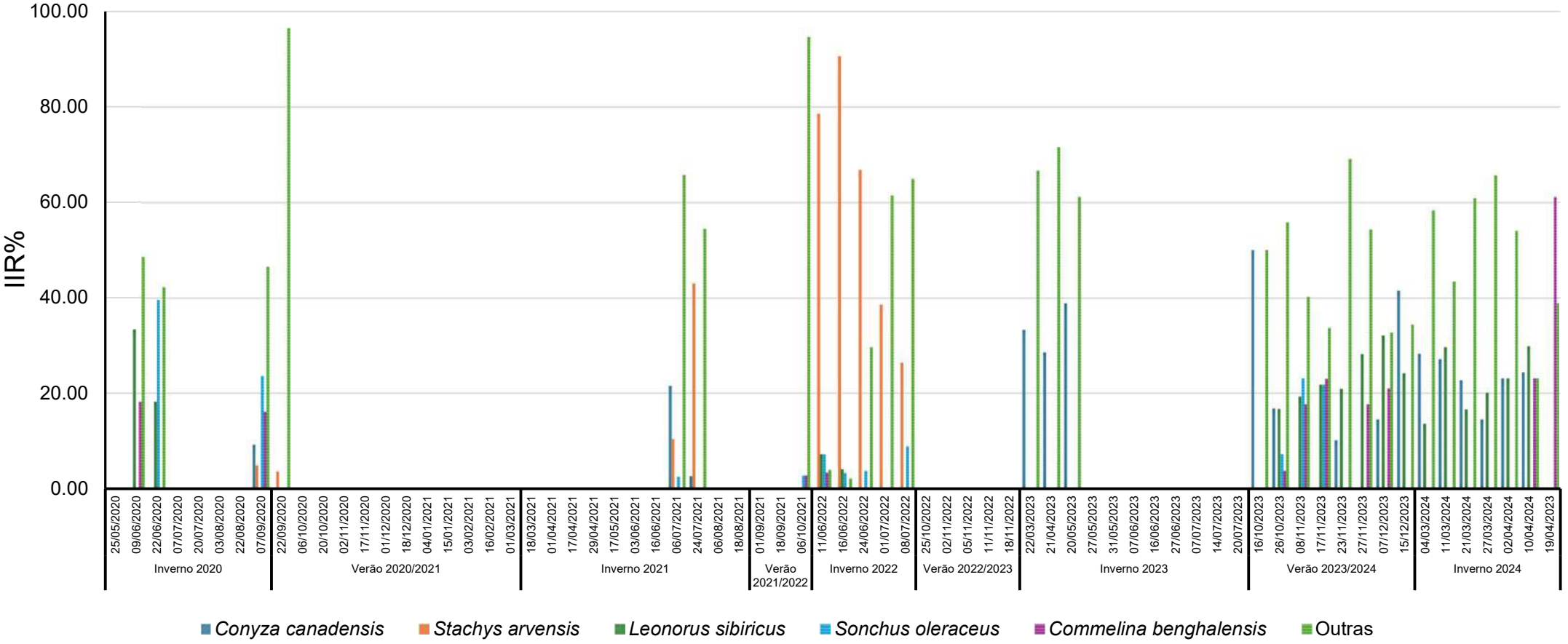



Figura 9. Índice de valor de importância relativa (IIR%) das plantas daninhas no sistema F durante o período de avaliação de 2020 a 2024.

**Similaridade**

Os índices de similaridade florística (IS) obtidos entre os sistemas agroecológicos e convencional estão expressos na Tabela 11. Esse índice compara a composição florística entre duas áreas distintas e apresenta valores que variam de 0 a 1, sendo o valor máximo quando todas as espécies são comuns às duas áreas e o valor mínimo quando não há espécies comuns.

Os resultados mostram diferenças importantes na composição de espécies de plantas daninhas, refletindo os impactos das práticas de manejo adotadas. Entre os sistemas agroecológicos, os índices de similaridade variam de 0,69 a 0,85, indicando uma alta sobreposição na diversidade de espécies. Isso pode ser explicado por práticas comuns nesses sistemas, como o uso de culturas de cobertura, rotações diversificadas e manejo conservacionista do solo, que favorecem a manutenção de uma comunidade mais equilibrada de plantas daninhas.  O maior índice, de 0,85, é observado entre os sistemas A e C, sugerindo práticas muito similares ou condições ambientais parecidas.

Por outro lado, a comparação entre o sistema F e os agroecológicos apresenta índices de similaridade mais baixos, variando de 0,44 a 0,55, destacando diferenças marcantes na composição de espécies. Essa menor similaridade pode ser atribuída ao uso intensivo de herbicidas no sistema tradicional, que tende a selecionar espécies resistentes ou adaptadas, e à predominância de monocultivos, que reduzem a diversidade ecológica. O índice mais baixo, de 0,44, é observado entre os sistemas F e D, possivelmente devido à alta diversidade promovida pelas misturas de adubos verdes no D, em contraste com o manejo simplificado do sistema tradicional.

Esses resultados evidenciam que os sistemas agroecológicos promovem uma maior diversidade de plantas daninhas, o que pode contribuir para a resiliência do sistema agroecológicos, criando ambientes menos favoráveis à dominação por poucas espécies adaptadas, ao passo que o sistema tradicional apresenta uma composição distinta e possivelmente mais vulnerável, favorecendo espécies oportunistas e resistentes.

Além das práticas de manejo, fatores ambientais (como temperatura, regime de chuvas e tipo de solo) também influenciam as diferenças entre os sistemas. Sistemas

agroecológicos geralmente mantêm solos mais saudáveis, ricos em matéria orgânica e com maior capacidade de retenção de água, o que pode suportar uma diversidade maior de espécies. No sistema tradicional, o uso intensivo do solo pode levar à compactação e à redução da fertilidade, favorecendo espécies adaptadas a condições adversas.

Essas diferenças destacam a importância de práticas diversificadas e sustentáveis no manejo integrado de plantas daninhas, especialmente no contexto do sistema tradicional, que pode se beneficiar da adoção de técnicas como rotação de culturas e uso de coberturas vegetais para aumentar a diversidade e reduzir os problemas causados por espécies dominantes.

Tabela 11. Indice de similaridade florística da comunidade de plantas espontâneas dos diferentes sistemas de cultivo no período de avaliação de 2020 a 2024.

| Sistemas | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | 1 | | | | | |
| **B** | 0.69 | 1 | | | | |
| **C** | 0.85 | 0.83 | 1 | | | |
| **D** | 0.71 | 0.71 | 0.75 | 1 | | |
| **E** | 0.79 | 0.78 | 0.82 | 0.81 | 1 | |
| **F** | 0.50 | 0.52 | 0.55 | 0.44 | 0.48 | 1 |

### 4.2 Cobertura do solo

A rotação de culturas desempenha um papel fundamental na manutenção da cobertura do solo e na gestão da umidade (FRANCHINI et al. 2011; QUARANTA, 1999; CRUZ et al. 2001). Durante o inverno, culturas como o Trigo Mourisco, Aveia e o Nabo são comumente cultivadas. Essas plantas proporcionam uma rápida cobertura do solo e grande quantidade de matéria seca (MODOLO et al. 2019). Crusciol et al. (2008) observaram que a palha da aveia preta libera rapidamente o potássio (K) durante seu processo de decomposição, o que contribui para a liberação de nutrientes no solo.

No verão, as culturas de Milho e Soja são predominantes. Essas plantas apresentam alta demanda de água, o que pode reduzir a umidade do solo devido à evapotranspiração elevada (CARVALHO et al. 2013). No entanto, a rotação com culturas de inverno ajuda a equilibrar essa demanda, permitindo que o solo recupere sua umidade durante os períodos de menor evaporação.

A prática de rotação de culturas também influencia a dinâmica do carbono no solo. Culturas de inverno, como o trigo e a aveia, podem aumentar a quantidade de carbono orgânico no solo, melhorando sua fertilidade e capacidade de retenção de água. Neto et al (2009), constatou, que em sistemas de plantio direto, a rotação de cultura promoveu o aumento no estoque de C no solo durante os anos.

No início do inverno de 2020 (Figura 10), a cobertura variou entre 4640 e 6710 kg $ha^{-1}$, com o sistema E (milheto) apresentando a maior quantidade de palhada. Ao longo do inverno, a palhada foi se decompondo, com os sistemas A, B e C, que usaram Lab-lab, apresentando decomposição mais rápida. Os sistemasC e E mantiveram as maiores quantidades de cobertura, entre 6 e 7 kg $ha^{-1}$. Durante o verão de 2020/2021, a decomposição foi maior nas áreas cultivadas com trigo, aveia e milho, possivelmente devido às altas temperaturas e ao menor tamanho da palha após a trituração. Após a colheita, os sistemas B, C, D, E e o sistema F apresentaram aumentos na biomassa sobre o solo, variando de 6240 a 7280 kg $ha^{-1}$. O sistema A, por outro lado, teve baixa adição de palhada devido à trilhagem do feijão e à gradagem posterior, que enterrou a palhada restante.

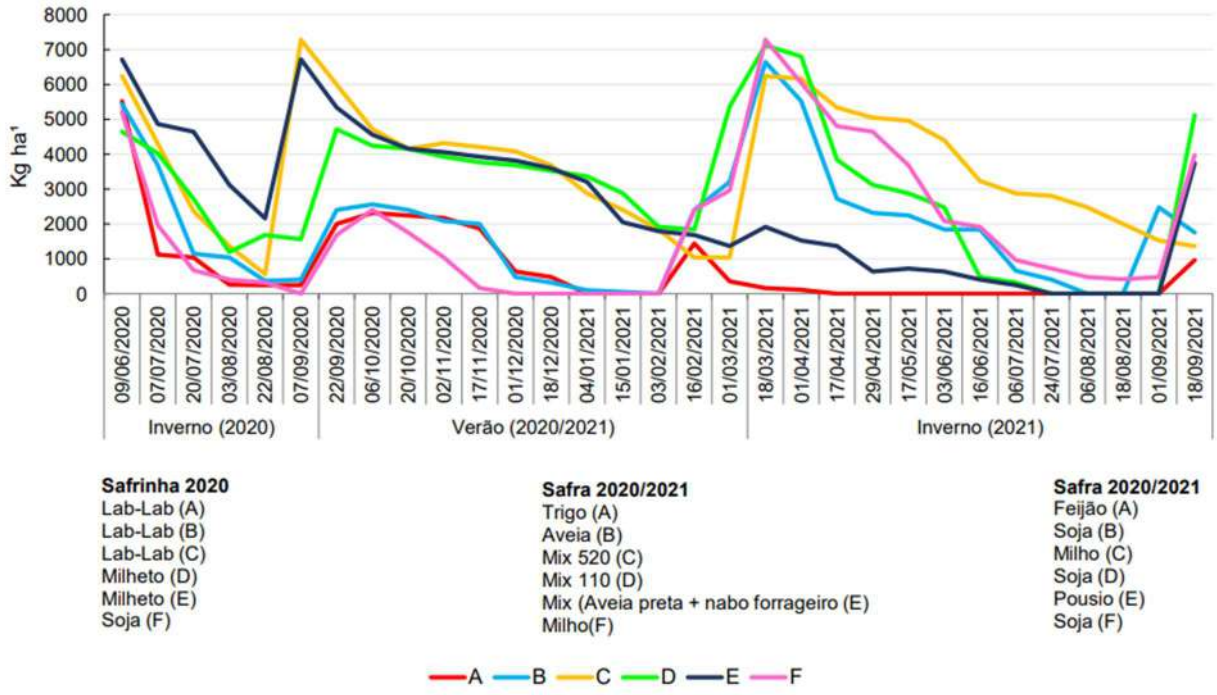


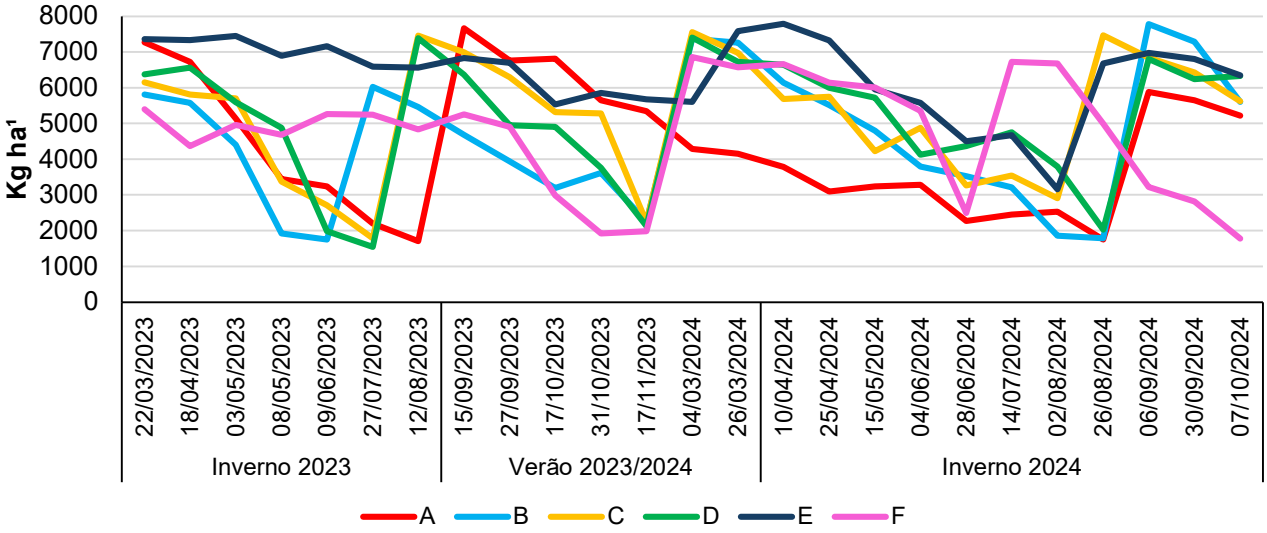

Figura 10. Total de cobertura sobre o solo (kg $ha^{-1}$) na área durante o monitoramento da emergência de plantas daninhas em Entre Rios do Oeste/PR entre os anos de 2020 e 2021.

Durante o inverno 2023 (Figura 11), culturas como Trigo Mourisco (A), Aveia Branca (E) e Nabo (D), apresentaram valores de produtividade de massa seca de palha mais elevados, como observamos nos dados de março de 2023, com Trigo Mourisco (A) atingindo 6.050 kg ha¹. O trigo mourisco é especialmente relevante durante cultivos de inverno, devido ao seu potencial para corrigir a salinidade do solo e suprimir plantas daninhas graças ao seu rápido crescimento (BARBOSA et al., 2022). Além disso, pode ser utilizado como planta de cobertura (adubação verde), pois apresenta grande tolerância à acidez e capacidade de absorver sais pouco solúveis de fósforo e potássio, permitindo seu desenvolvimento mesmo em solos pobres. Sua rápida decomposição libera minerais e nitrogênio para a cultura subsequente (PASQUALETTO et al., 1999).

Durante o verão 2023/2024, as culturas de Milho (A, B, C, F) e Soja (B, D, E, F), produziram menos massa de palha em comparação com as de inverno. A palha gerada pela soja tende a ser de menor quantidade e mais fina, o que reduz sua eficiência em termos de cobertura do solo. No entanto, culturas como o milho ainda podem contribuir com uma quantidade considerável de palha, como foi observado em setembro de 2023, quando o Milho (A) registrou 7.670 kg ha¹ de massa seca. Alvarenga et al. (2001) observaram que, após 90 dias da primeira chuva, os restos culturais da soja cobriam menos de 10% da área, enquanto a palha do milho proporcionava 22% de cobertura após 120 dias.

É possível observar que, durante o inverno de 2023, a produtividade de palha foi mais alta, com destaque para o Trigo Mourisco (A), que apresentou 7.270 kg ha¹. A produção de massa seca tende a diminuir nas culturas de verão devido à menor quantidade de vegetação restante após a colheita.

No inverno de 2024, a produtividade de palha também foi expressiva, com o Aveia branca + Nabo (D) e a Aveia (E) apresentando médias de 7.790 kg ha¹ e 6.970 kg ha¹, respectivamente. Esses valores indicam que as culturas de inverno são mais eficientes na produção de biomassa seca, o que resulta em maior cobertura de solo e, portanto, melhor proteção contra a erosão e maior capacidade de retenção de hidrot. Wolschick et al. (2016), quando avaliaram a produção de biomassa e acúmulo de nutriente por plantas de cobertura, observaram que a aveia preta quando em consorcio com ervilhaca + nabo, apresentou maior massa seca de parte aérea, enquanto somente aveia preta, produz maior massa de raízes.




| Inverno 2023 | Verão 2023/2024 | Inverno 2024 |
|---|---|---|
| Trigo Mourisco (A) | Milho (A) | Trigo Toruk(A) |
| Milho (B) | Soja (B) | Trigo Toruk (B) |
| Trigo Mourisco (C) | Milho (C) | Milho (C) |
| Trigo (D) | Soja (D) | Aveia branca + Nabo (D) |
| Aveia (E) | Soja (E) | Aveia branca (E) |
| Milho (F) | Soja (F) | Milho (F) |

Figura 11. Total de cobertura sobre o solo (kg $ha^{-1}$) na área durante o monitoramento da emergência de plantas daninhas em Entre Rios do Oeste/PR entre os anos de 2023 e 2024.

### 4.2.1 Uso de Drones para Avaliação da Vegetação e Cobertura do solo

Durante o período de avaliação de 2023 e 2024, as áreas foram monitoradas mensalmente com o auxílio de um drone modelo DJI Phantom 4-Advanced. As imagens capturadas foram processadas por meio do software SisCob, desenvolvido pela EMBRAPA, que analisa a cobertura do solo com base na identificação de cores específicas (RGB). O software classifica as imagens em três categorias principais: vermelho, representando o solo exposto; verde, indicando a presença de plantas; e amarelo, correspondendo à cobertura de palha (Figura 12). Com essas informações, foi calculada a porcentagem de cada categoria, permitindo uma análise precisa da cobertura média do solo em cada área ao longo do tempo (Tabela 12).

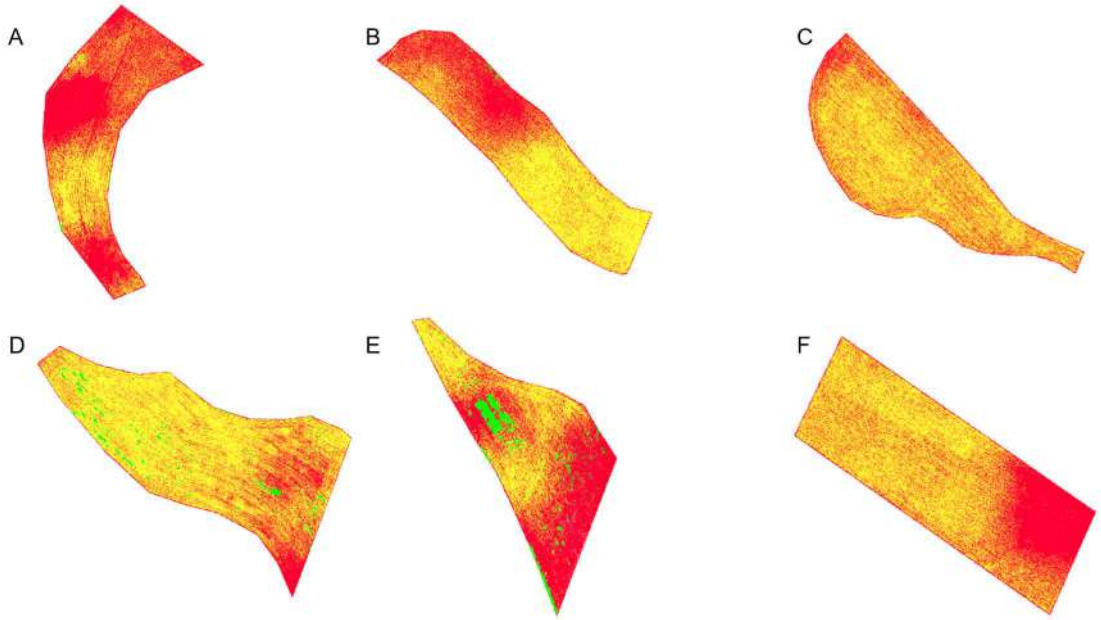



Figura 12. Representação das áreas A, B, C, D, E e F, avaliadas após a colheita em 21/10/23, com as classificações de cobertura do solo realizadas pelo software SisCob. Vermelho= solo; Verde=vegetação; Amarelo= cobertura.

As áreas avaliadas apresentam diferenças significativas na cobertura do solo ao longo dos períodos de avaliação (Tabela 12). No ano de 2023, quando comparado com a coleta em campo, apresentou variações entre as áreas e manejos. No Sistema A, a cobertura inicial medida pelo drone mostrou baixos valores percentuais (7,62% em março). Ao longo do período, os valores de ambas as métricas diminuíram, atingindo mínimos em agosto (2,14% no drone e 1.710 kg $ha^{-1}$ na coleta). Após setembro, observou-se recuperação da cobertura com aumento tanto na coleta (7.670 kg $ha^{-1}$) quanto nas medições do drone (34,92% em outubro), indicando maior acúmulo de palha após a colheita e manejo.

Para o sistema B, o modelo apresentou valores intermediários de cobertura do solo na análise do drone e na coleta, exceto em períodos específicos, como julho e agosto, quando houve picos discrepantes entre os métodos (24,56% no drone em agosto e 6.020 kg $ha^{-1}$ na coleta em julho). Isso sugere que o manejo no sistema agroecológico, mesmo com sucessão de culturas, pode gerar flutuações localizadas devido à degradação da palha. Já o sistema C, demonstrou boa correlação entre os dados, com altos valores de cobertura no drone (63,2% em abril) e quantidade significativa de palha (7.460 kg $ha^{-1}$ em agosto).

O sistema D, a avaliação via drone registrou uma cobertura baixa (7,03%), consistente com o declínio observado na coleta (4.880 kg $ha^{-1}$). Após a colheita, houve aumento significativo em outubro (74,33% no drone e 4.900 kg $ha^{-1}$ na coleta). O sistema E apresentou os melhores resultados em ambas as métricas. Em abril, a coleta registrou 7.330 kg $ha^{-1}$, alinhado à alta cobertura do drone (73,79%). Essa consistência reflete o manejo eficiente, com uso de Aveia no inverno e cobertura verde frequente. Apesar disso, houve redução da cobertura em outubro (37,36% no drone e 5.530 kg $ha^{-1}$ na coleta), indicando uma possível degradação de palha antes da nova cultura. No sistema F, os dados mostram que há baixa presença de palha no decorrer do ano, apresentando picos de cobertura pôs colheita.

Tabela 12. Porcentagem de cobertura remanescente (Palha) e plantas daninhas (PD), nas áreas A, B, C, D, E e F durante o período de avaliação no ano de 2023.

| | **A** | | **B** | | **C** | | **D** | | **E** | | **F** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Período** | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) |
| Inverno 2023 | 7.6 | 1.6 | 19.1 | 1.9 | 25.3 | 0.7 | 5.3 | 2.9 | 9.6 | 4.9 | 6.0 | 0.0 |
| | 3.2 | 2.9 | 19.7 | 18.9 | 19.0 | 1.5 | 3.1 | 10.1 | 17.1 | 15.3 | 8.1 | 18.1 |
| | 11.3 | 2.3 | 37.1 | 59.0 | 63.2 | 3.7 | 34.7 | 29.7 | 73.8 | 33.9 | 11.7 | 81.9 |
| | 5.2 | 0.9 | 1.3 | 97.8 | 11.5 | 65.7 | 7.0 | 0.4 | 3.7 | 0.7 | 17.4 | 70.1 |
| | 13.6 | 0.4 | 1.8 | 98.0 | 9.4 | 64.9 | 3.9 | 8.1 | 1.5 | 92.8 | 3.9 | 89.4 |
| | 0.1 | 99.3 | - | - | 17.5 | 61.4 | 0.6 | 97.9 | 1.0 | 96.6 | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | 0.5 | 94.3 | - | - | - | - |
| | 2.1 | 43.3 | 24.6 | 37.5 | 7.2 | 50.7 | 6.1 | 61.5 | 1.7 | 6.6 | 52.4 | 9.0 |
| Verão 2023/2024 | 34.9 | 0.2 | 58.1 | 0.3 | 70.2 | 0.0 | 74.3 | 2.7 | 37.4 | 5.5 | 38.1 | 20.3 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 27.4 | 0.4 |
| | 2.4 | 97.2 | 3.2 | 95.5 | 17.3 | 63.8 | 2.6 | 96.6 | 10.6 | 87.4 | 1.3 | 98.5 |

No ano de 2024 (Tabela 13), o monitoramento por drone captou bem as tendências gerais de cobertura do solo, mas apresentou limitações em alguns momentos de transição. No sistema A, tivemos alta cobertura no início do ciclo, proveniente da dessecação de plantas daninhas presentes na área, isso indicou uma cobertura alta em março (39,03%), alinhada aos 4.290 kg $ha^{-1}$ de palha coletados. Para o sistema B, a cobertura de 49,15% estimada pelo drone foi compatível com os 7.370 kg $ha^{-1}$ de palha no campo. O sistema C apresentou boa correspondência em março, com 36,4% de cobertura estimada e 7.560 kg $ha^{-1}$ de palha. Em junho, o drone captou um aumento para 64%, alinhado aos 4.880 kg $ha^{-1}$ registrados.

Para o sistema D teve alta cobertura do solo no início do ciclo, seguida de uma queda brusca, provavelmente devido a rápida decomposição da palhada proveniente de plantas daninhas. O drone detectou uma alta cobertura em março (87%), correspondente aos 7.410 kg $ha^{-1}$ coletados. A cobertura reduziu para 2,22% em maio, enquanto a palha declinou de forma mais gradual, atingindo 5.720 kg $ha^{-1}$.

O sistema E, teve uma cobertura bem representada pelo drone, com 72,54% em março e 5.600 kg $ha^{-1}$ coletados. Em maio, o pico de cobertura (97,32%) correspondeu aos 5.950 kg $ha^{-1}$. Em setembro, a cobertura de 22,72% subestimou os 6.970 kg $ha^{-1}$ em campo. Já para o sistema F, em março, o drone estimou 77,36% de cobertura, alinhado aos 6.860 kg $ha^{-1}$ no campo. No entanto, a redução abrupta para 0% em maio foi inconsistente com os 6.010 kg $ha^{-1}$ registrados.

Tabela 13. Porcentagem de palha remanescente (Palha) e plantas daninhas (PD), nas áreas A, B, C, D, E e F durante o período de avaliação no ano de 2024.

| | **A** | | **B** | | **C** | | **D** | | **E** | | **F** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Período** | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) | Palha (%) | PD (%) |
| Verão 2023/2024 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Inverno 2024 | 39.0 | 0.3 | 49.2 | 0.0 | - | - | 87.0 | 0.1 | 72.5 | 0.0 | 77.4 | 0.0 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.7 | 9.8 |
| | 4.6 | 0.0 | 2.6 | 0.1 | 36.4 | 0.1 | 1.7 | 0.1 | 2.5 | 8.2 | - | - |
| | 91.5 | 8.3 | 44.9 | 28.0 | 35.7 | 13.0 | 2.2 | 19.9 | 97.3 | 2.7 | 0.0 | 49.1 |
| | 73.6 | 0.7 | 32.1 | 0.2 | 42.5 | 30.6 | 35.9 | 10.7 | 79.7 | 1.4 | - | - |
| | 15.0 | 75.8 | 2.0 | 65.1 | 64.0 | 0.1 | 63.4 | 0.1 | 88.2 | 0.0 | - | - |
| | 3.9 | 89.9 | 0.8 | 89.0 | 58.6 | 0.8 | 48.4 | 0.7 | 70.2 | 0.2 | - | - |
| | 23.2 | 11.1 | 2.9 | 35.4 | 9.1 | 86.3 | 7.8 | 91.4 | 22.7 | 75.0 | - | - |
| Verão 2024/2025 | - | - | - | - | - | | - | - | - | - | 27.0 | 0.0 |

O monitoramento da cobertura do solo cm drone, se mostrou parcialmente confiável. Embora tenha sido possível avaliar as tendências gerais e os momentos de pico de cobertura em várias áreas, algumas inconsistências foram observadas. O drone refletiu adequadamente as variações sazonais, especialmente em talhões como A, B e E, onde os valores de cobertura estimados estavam bem alinhados com os dados de massa de palha. Momentos de alta cobertura, como em março e maio nos talhões A, B e E, foram bem representados.

Porém, em alguns períodos, como em setembro no sistema C e junho no sistema F, o drone subestimou a cobertura em comparação com os dados de palha coletados em campo. Isso pode estar relacionado ao padrão de cor utilizado pelo programa. Com a decomposição da palha, o programa pode não conseguir correlacionar a faixa de cor adequada para a variável. Aspectos como a qualidade da luz, condições de voo e resíduos superficiais (não detectáveis pelo software) podem interferir nos resultados.

### 4.3 Temperatura base

#### *Bidens subalternans*

*Bidens subalternans* apresentou maior taxa de germinação na temperatura de 30°C (Figura 13), enquanto o menor tempo para 50% das sementes germinarem (T50 = 2,52 dias) foi observado em 25°C (Tabela 14). As temperaturas de 20°C e 35°C tiveram taxas de germinação semelhantes, atingindo até 60%. Não houve germinação na temperatura de 10°C. As temperaturas cardeais estimadas foram 2,58°C (Tb), 30,27°C (To) e 39,63°C (TMax) (Figura 14).

Esses resultados demonstram que *B. subalternans* possui alta capacidade de adaptação térmica, com boas taxas de germinação em temperaturas alternadas (15/20°C, 20/25°C e 25/30°C), indicando uma ampla faixa térmica para germinação. Essa adaptabilidade permite que a espécie se reproduza ao longo de todo o ano, sendo amplamente distribuída em diversas regiões da América do Sul. De acordo com Jin et al. (2024), durante eventos de estresse térmico, podem ocorrer modificações epigenéticas que permitem às plantas ajustar herdavelmente a expressão gênica em resposta a estressores ambientais, tornando as gerações subsequentes mais tolerantes a essas condições.

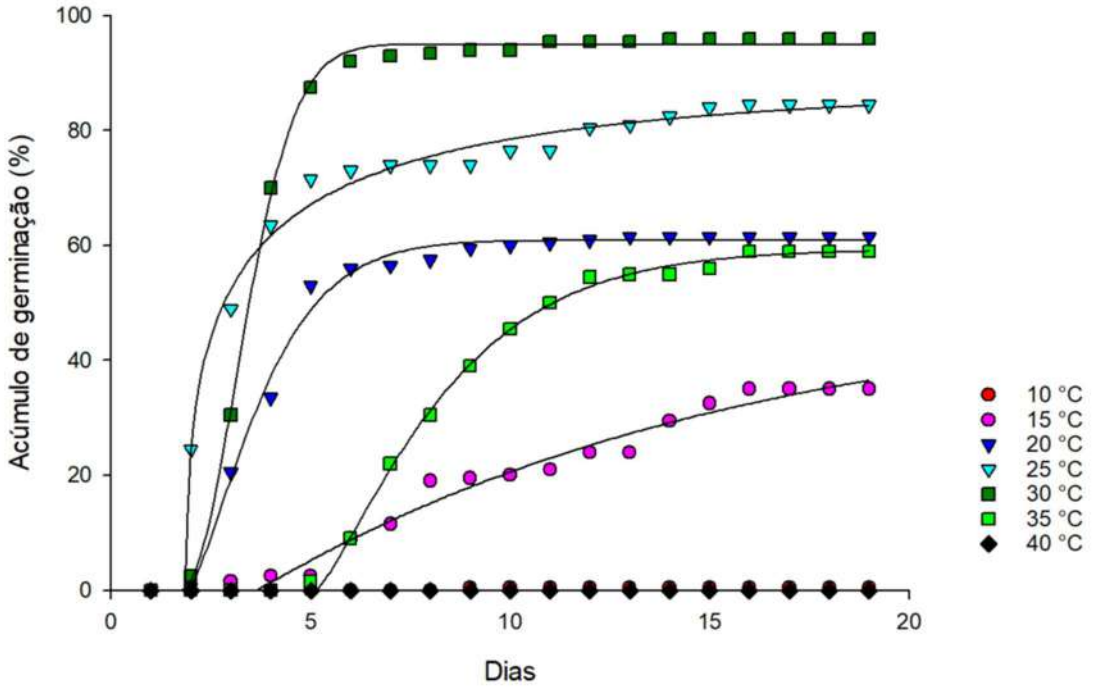



Figura 13. Curvas cumulativas de germinação para *Bidens subalternans* sob diferentes temperaturas em função do tempo em dias.

Tabela 14. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para *Bidens subalternans.* (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia).

| °C | A | | T50 | | B | | C | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **15°C** | 50.45 | ±21.12 | 12 | ±5.21 | 11.97 | ±8.13 | 1.02 | ±0.34 | 0.98 |
| **20°C** | 60.91 | ±0.53 | 3.58 | ±0.07 | 2.17 | ±0.22 | 1.37 | ±0.17 | 0.99 |
| **25°C** | 88.71 | ±4.52 | 2.52 | ±0.08 | 1.43 | ±0.23 | $0.44^{ns}$ | $\pm0.09^{ns}$ | 0.99 |
| **30°C** | 95.02 | ±0.33 | 3.4 | ±0.03 | 1.99 | ±0.17 | 1.97 | ±0.20 | 0.99 |
| **35°C** | 59.26 | ±0.64 | 7.82 | ±0.06 | 3.59 | ±0.24 | 1.24 | ±0.12 | 0.99 |

$^{ns}$ não significativo. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

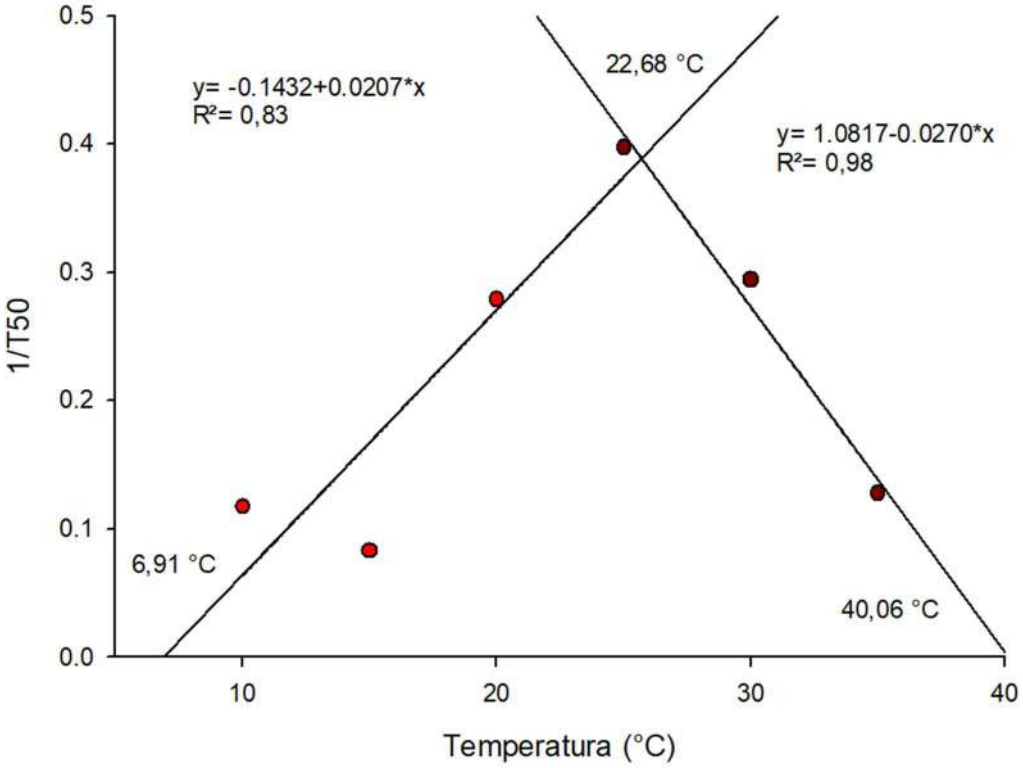



Figura 14. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Bidens subalternans.*

***Leonurus sibiricus***

*Leonurus sibiricus* apresentou maior porcentagem de germinação nas temperaturas de 15, 20 e 25°C (Figura 15), indicando que essas condições favorecem a emergência da espécie. O menor tempo necessário para a germinação de 50% das sementes (T50 = 2,28 dias) foi observado a 30°C (Tabela 15); no entanto, nessa temperatura, a emergência total foi inferior a 50%, sugerindo que temperaturas elevadas podem acelerar o processo germinativo, mas não garantir taxas satisfatórias de estabelecimento.

As temperaturas cardeais estimadas foram 5,77°C (Tb), 23,03°C (To) e 40,33°C (TMax) (Figura 16), demonstrando que as sementes de L. sibiricus possuem ampla faixa de adaptação térmica, com germinação significativa entre 10°C e 25°C. Esse comportamento pode favorecer sua dispersão em diferentes condições climáticas e prolongar o período de emergência no campo.

Almeida et al. (2011) também observaram ampla faixa de germinação para *L. sibiricus* (20°C a 30°C), com os maiores porcentuais registrados a 20°C, corroborando

os dados obtidos neste experimento. Esse padrão sugere que a espécie pode emergir tanto em condições amenas quanto moderadamente quentes, o que pode representar um desafio para o manejo, principalmente em sistemas agrícolas com baixa cobertura do solo ou elevada umidade.

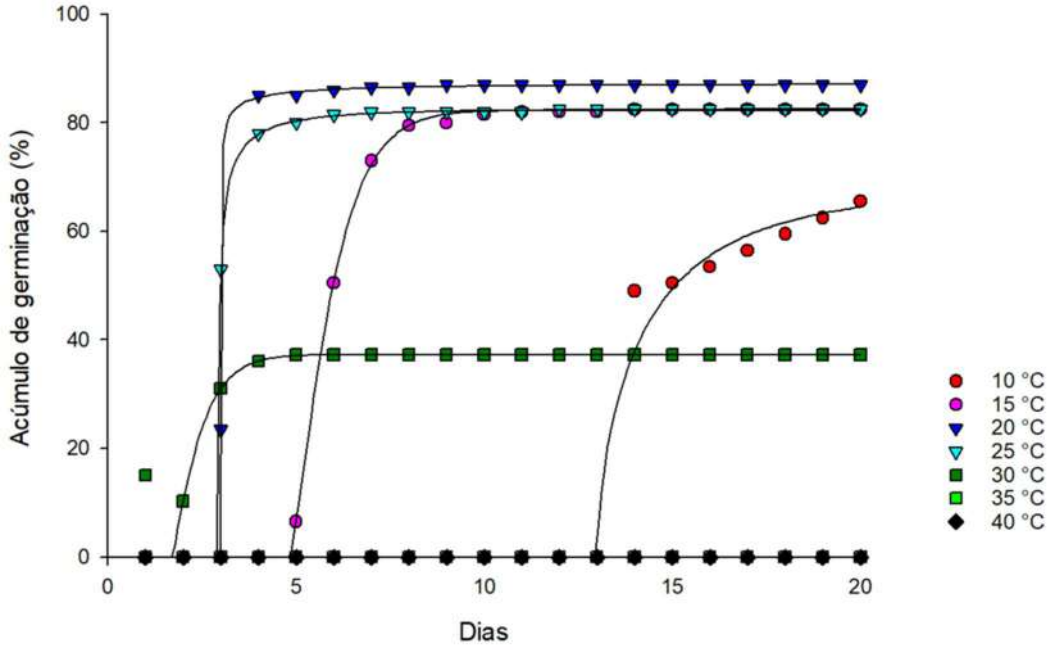



Figura 15. Curvas cumulativas de germinação para *Leonurus sibiricus* em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias.

Tabela 15. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para *Leonurus sibiricus.* (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia).

| °C | A | | T50 | | B | | C | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **10,0 °C** | 67.74 | ±3.44 | 13.77 | ±0.13 | 1.34 | ±0.21 | $0.67^{ns}$ | $\pm0.15^{ns}$ | 0.98 |
| **15,0 °C** | 82.24 | ±0.13 | 5.74 | ±0.01 | 1.21 | ±0.03 | 1.28 | ±0.05 | 0.99 |
| **20,0 °C** | 87.3 | ±0.22 | 3 | ±0.0003 | $0.001^{ns}$ | $\pm0.002^{ns}$ | $0.19^{ns}$ | $\pm0.04^{ns}$ | 0.99 |
| **25,0 °C** | 82.56 | ±0.06 | 2.96 | ±0.01 | $0.05^{ns}$ | $\pm0.01^{ns}$ | 0.34 | ±0.02 | 0.99 |
| **30,0 °C** | 37.26 | ±0.01 | 2.28 | ±0.00 | 0.79 | ±0.02 | 1.16 | ±0.03 | 1 |

$^{ns}$ não significativo. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

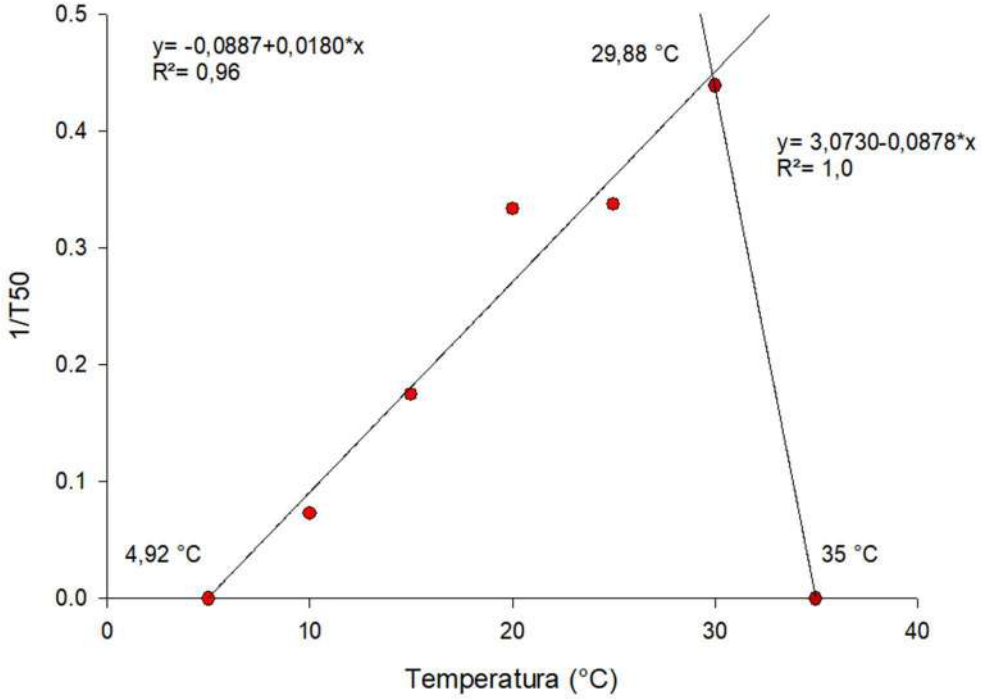



Figura 16. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Leonurus sibiricus.*

.

***Conyza* canadensis**

A maior porcentagem de germinação de *Conyza canadensis* ocorreu a 20°C (Figura 17), enquanto o menor tempo para a emergência de 50% das sementes (T50 = 3,87 dias) foi registrado a 30°C. No entanto, não houve germinação nas temperaturas extremas de 10°C e 35°C. As temperaturas cardeais estimadas foram 3,26°C (Tb), 23,36°C (To) e 35,75°C (TMax) (Figura 18), caracterizando *C. canadensis* como uma espécie adaptada a regiões de clima ameno. Resultados semelhantes foram observados por Schmidt, (2022), onde *C. canadensis* apresentou elevada germinação (mais de 80%) em 20 °C.

Esses resultados são consistentes com estudos prévios realizados por Vidal et al. (2007) e Yamashita e Guimarães (2011), que também observaram a maior taxa germinativa da espécie em temperaturas entre 20°C e 25°C. Esse padrão sugere que a germinação de *C. canadensis* é favorecida por temperaturas moderadas, refletindo sua adaptação a regiões de clima temperado e subtropical, sendo considerada uma especie de germinação no inverno/outono, o que a caracteriza como uma planta de inverno e verão (VARGAS & GAZZIERO, 2009).

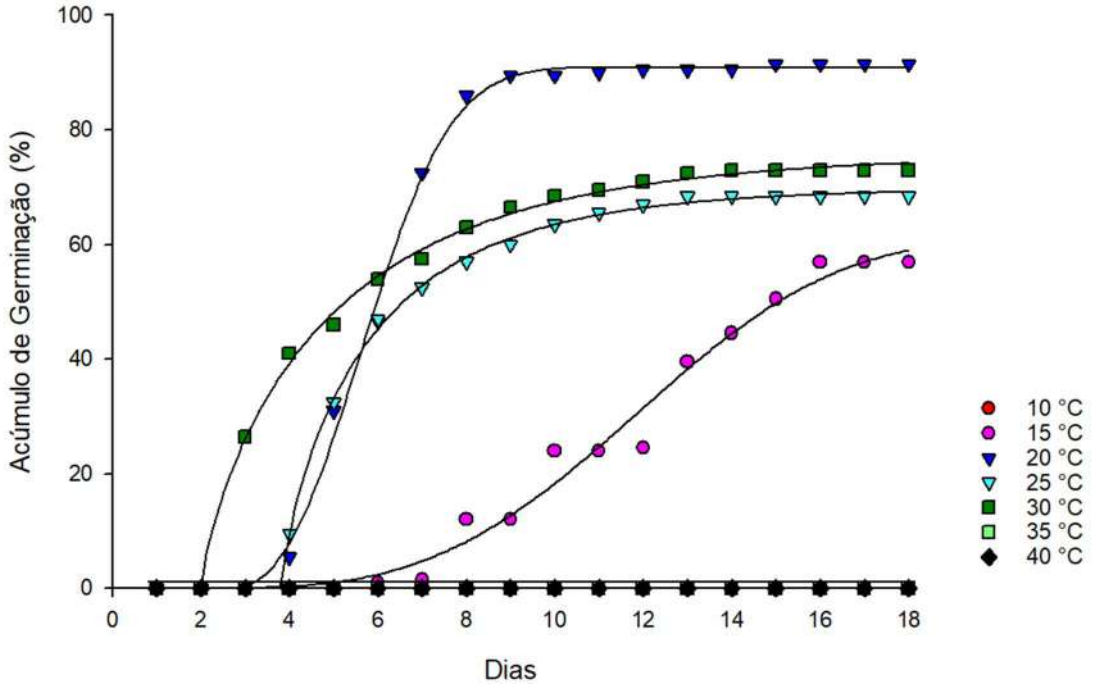



Figura 17. Curvas cumulativas de germinação para *C. canadensis* em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias.

Tabela 16. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para *Conyza canadensis.* (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia).

| °C | A | | T50 | | B | | C | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **15,0 °C** | 61.41 | ±5.77 | 11.88 | ±0.46 | $11.31^{ns}$ | $\pm 4.72^{ns}$ | $3.26^{ns}$ | $\pm 1.99^{ns}$ | 0.98 |
| **20,0 °C** | 90.96 | ±0.65 | 5.79 | ±0.06 | 3.75 | ±0.66 | $2.54^{ns}$ | $\pm 0.53^{ns}$ | 0.99 |
| **25,0 °C** | 69.89 | ±0.61 | 5.12 | ±0.04 | 2.06 | ±0.07 | 0.8 | ±0.04 | 0.99 |
| **30,0 °C** | 75.86 | ±1.02 | 3.87 | ±0.07 | 2.97 | ±0.12 | 0.8 | ±0.04 | 0.99 |

$^{ns}$ não significativo. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

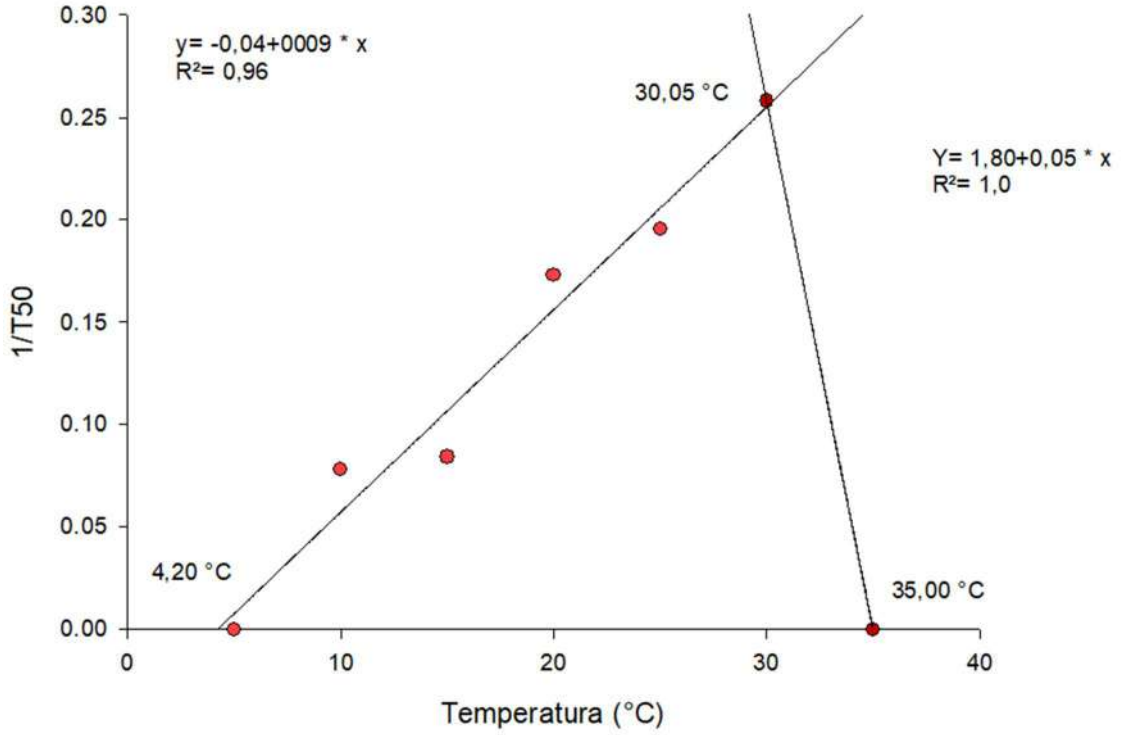



Figura 18. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Conyza canadensis.*

***Digitaria insularis***

Para *Digitaria insularis* (Figura 19)**,** podemos observar baixa germinação a 10°C, com apenas 1,75% de sementes germinadas, refletindo uma temperatura subótima para a espécie (Tabela 17). Além disso, o tempo médio para atingir 50% de germinação (T50) foi de 14,21 dias.

Observa-se um aumento expressivo no percentual de germinação a partir de 15°C, que atinge 76,42%, enquanto o T50 é reduzido para 9,83 dias. Com o aumento da temperatura (20°C e 25°C), o percentual de germinação se mantém elevado, com 81,69% e 77,60%, enquanto o T50 diminui para 4,83 e 3,10 dias, indicando uma aceleração no processo germinativo. A temperatura de 30°C registra 84,95% de germinação, enquanto o T50 apresenta um leve aumento para 2,25 dias. Na condição de 35°C, o percentual de germinação atinge seu máximo, 92,91%, com um T50 de 1,77 dias, o que corrobora a temperatura base encontrada para essa espécie (35,27 °C).

Os parâmetros do modelo também acompanham as mudanças relacionadas à temperatura. O parâmetro B, que reflete a resistência inicial à germinação, diminui progressivamente com o aumento da temperatura, indicando que temperaturas mais elevadas facilitam o início do processo germinativo. O parâmetro C, que está relacionado à taxa de progresso da germinação, também mostra variações consistentes com os dados observados, reforçando a influência positiva da temperatura sobre a germinação. O coeficiente de determinação ($R^2$) foi alto em todas as condições, variando de 0,99 a 1,00, demonstrando a alta adequação do modelo matemático para descrever o comportamento germinativo. A temperatura base estimada foi de 7,14°C e a máxima de 40,01°C (Figura 20).

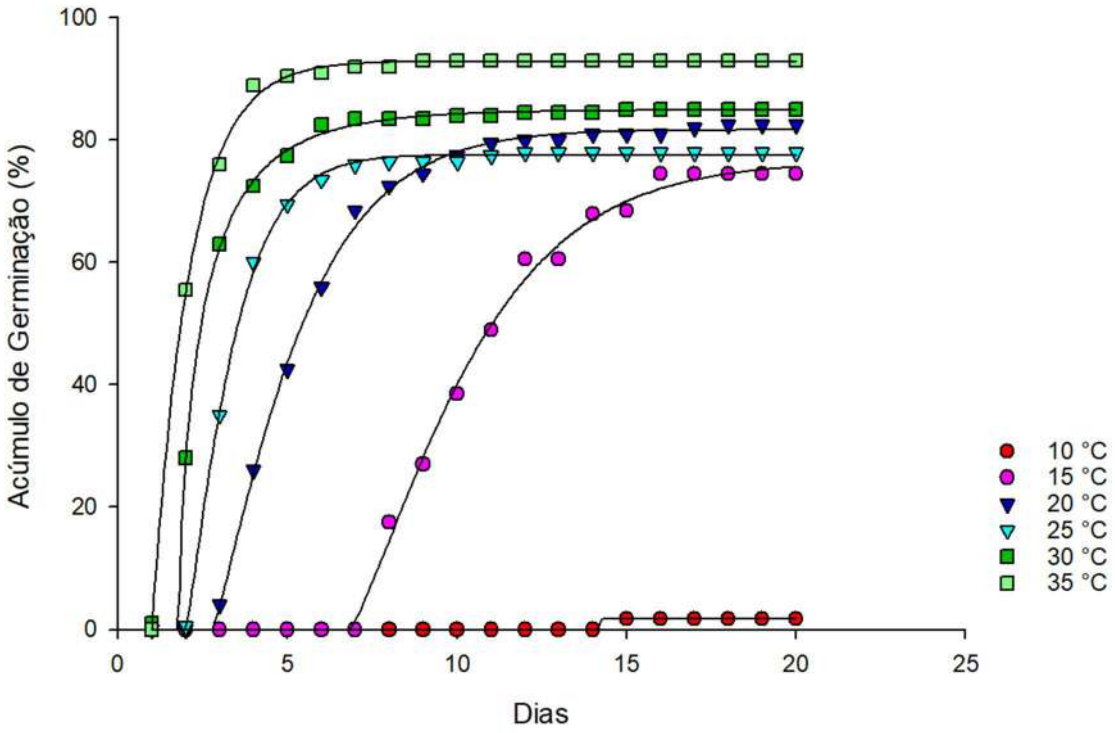



Figura 19. Curvas cumulativas de germinação para *Digitaria insularis*. em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias.

Tabela 17. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para *Digitaria insularis.* (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia).

| °C | A | | T50 | | B | | C | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **10°C** | 1.75 | - | 14.21 | - | 0.04 | - | 1.31 | - | 1.00 |
| **15°C** | 76.42 | ±1.36 | 9.83 | ±0.09 | 4.03 | ±0.23 | 1.28 | ±0.12 | 0.99 |
| **20°C** | 81.69 | ±0.36 | 4.83 | ±0.04 | 2.79 | ±0.09 | 1.20 | ±0.06 | 0.99 |
| **25°C** | 77.60 | ±0.19 | 3.10 | ±0.02 | 1.51 | ±0.04 | 1.20 | ±0.04 | 0.99 |
| **30°C** | 84.95 | ±0.23 | 2.25 | ±0.02 | 0.78 | ±0.06 | 0.67 | ±0.04 | 0.99 |
| **35°C** | 92.91 | ±0.21 | 1.77 | ±0.02 | 1.11 | ±0.02 | 1.01 | ±0.04 | 0.99 |

[ns] não significativo. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

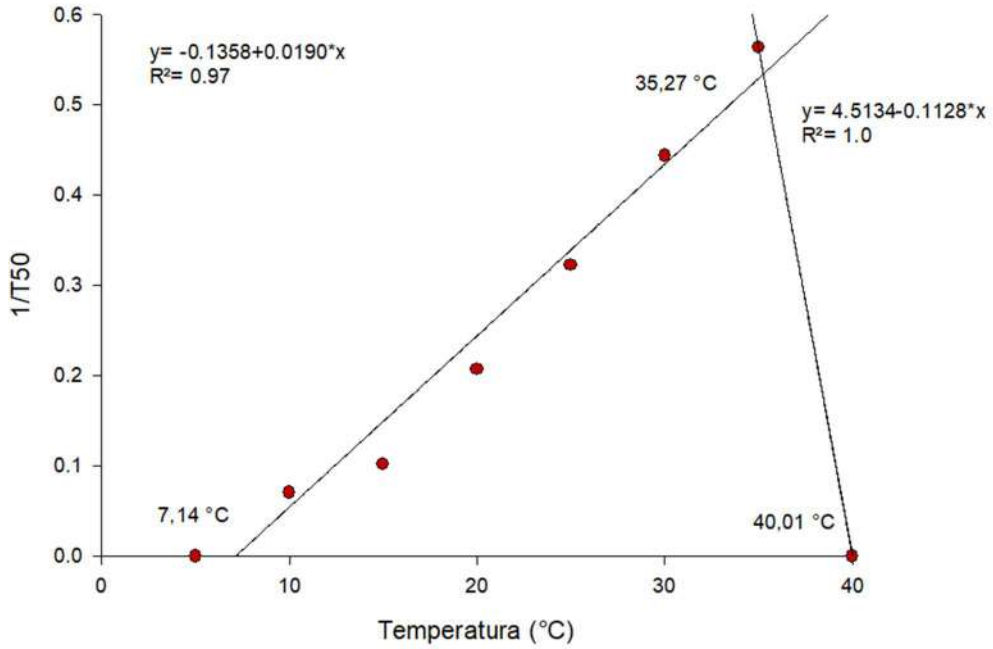



Figura 20. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Digitaria insularis.*

### *Sonchus oleraceus*

Em temperaturas mais amenas, como 15°C e 20°C, *S. oleraceus* (Figura 21) apresentou um aumento significativo no percentual de germinação, que alcançou 77,87% e 72,69%, respectivamente. Além disso, o T50 foi reduzido para 5,32 e 5,64 dias, indicando uma germinação mais rápida e eficiente nessas condições (Tabela 18).

O parâmetro B também diminuiu, refletindo uma superação mais rápida das barreiras à germinação. Com o aumento da temperatura, o percentual de germinação e a velocidade do processo de germinação, sofreram variações. Observou-se que a temperatura de 30°C, resultou na maior germinação (85,21%), com menor tempo de germinação (T50=3,69 dias). Esses resultados coincidem com a temperatura ótima encontrada para a espécies, de 31,10 °C.

Aos 35°C, o percentual de germinação foi de 62,62%, e o T50 aumentou para 14,53 dias, o que pode indicar que temperaturas mais elevadas começavam a afetar negativamente a germinação. Os coeficientes B e C, que descrevem a resistência inicial e a taxa de progresso da germinação, mostraram uma variação clara com o aumento da temperatura. À medida que a temperatura se aproximava de 35°C, o valor de C aumentava, indicando uma maior resistência ao processo germinativo em condições de calor intenso.

O coeficiente de determinação ($R^2$) foi elevado para todas as temperaturas (variando entre 0,98 e 0,99), sugerindo que os modelos ajustados para descrever os dados de germinação foram bem-sucedidos em explicar os padrões observados. A temperatura base estimada foi de 3,58°C e a máxima de 36,69°C (Figura 22).

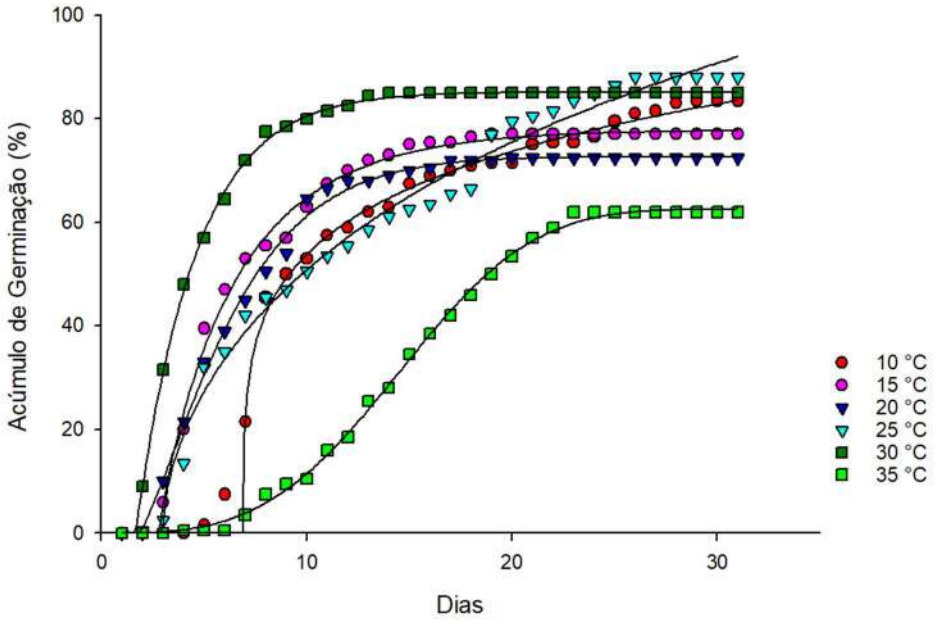



Figura 21. Curvas cumulativas de germinação para *Sonchus oleraceus* em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias.

Tabela 18. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para *Sonchus oleraceus.* (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia).

| °C | A | | T50 | | B | | C | | R² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **10°C** | 221.88$^{ns}$ | ±289.38$^{ns}$ | 113.69$^{ns}$ | ±737.51$^{ns}$ | 444.77$^{ns}$ | ±3264.80$^{ns}$ | 0.26 | ±0.08 | 0.99 |
| **15°C** | 77.87 | ±0.59 | 5.32 | ±0.09 | 3.80 | ±0.16 | 0.91 | ±0.05 | 0.99 |
| **20°C** | 72.69 | ±0.37 | 5.64 | ±0.08 | 5.11 | ±0.23 | 1.30 | ±0.08 | 0.99 |
| **25°C** | 169.81$^{ns}$ | ±66.49 | 25.67 | ±22.49 | 43.31 | ±46.56 | 0.57 | ±0.08 | 0.98 |
| **30°C** | 85.21 | ±0.17 | 3.69 | ±0.03 | 2.93 | ±0.07 | 1.02 | ±0.03 | 0.99 |
| **35°C** | 62.62 | ±0.41 | 14.53 | ±0.09 | 16.45 | ±1.55 | 3.33 | ±0.38 | 0.99 |

$^{ns}$ não significativo. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

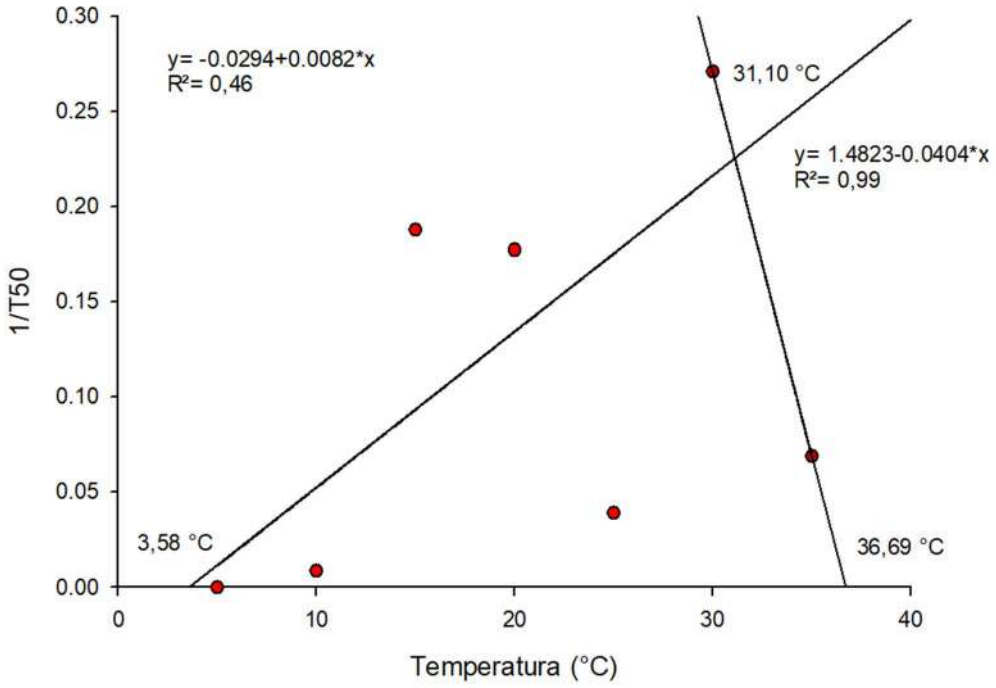



Figura 22. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Sonchus oleraceus.*

### *Richardia brasiliensis*

*Richardia brasiliensis* (Figura 23), apresentou aos 15°C, o percentual de germinação de 65,10%, com T50 de 12,55 dias, o maior registrado entre todas as temperaturas (Tabela 19). O coeficiente B de 6,87, indica uma resistência considerável

ao início da germinação, enquanto o coeficiente C (2,53), reflete um progresso moderado na taxa de germinação.

Já na temperatura de 20°C, a germinação aumentou para 73,51%, com um T50 de 7,50 dias, o que demonstra uma aceleração no processo de germinação em comparação com 15°C. O coeficiente B diminuiu para 4,02, o que caracteriza menor resistência inicial à germinação. Aos 25°C, houve queda no percentual de germinação (47,72%,) porém, menor tempo de germinação para 50%das sementes (4,62 dias), o que caracteriza uma aceleração inicial, mas com menor taxa de germinação quando comparado com 20°C. Com o aumento da temperatura, 30°C, foi observado o decréscimo no acúmulo da germinação, 16,51%. Para as demais temperaturas, não houve emergência. A temperatura base estimada foi de 7,43°C, a ótima de 26,47°C e a máxima de 36,54°C (Figura 24).

*Richardia brasiliensis* apresenta uma germinação ótima a 20°C, com alta taxa de germinação e velocidade. Temperaturas mais baixas (15°C) resultaram em uma germinação mais lenta, enquanto temperaturas mais altas (30°C) levaram a uma redução no percentual de germinação, mas com uma aceleração do processo germinativo.

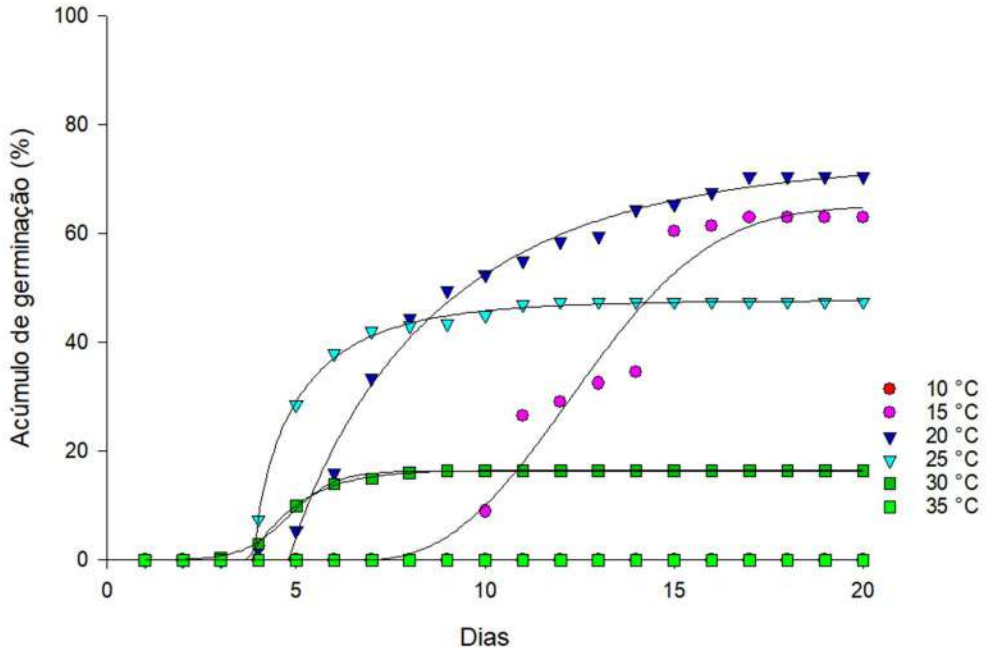



Figura 23. Curvas cumulativas de germinação para *Richardia brasiliensis* em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias.

Tabela 19. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para *Richardia brasiliensis.* (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia).

| °C | A | | T50 | | B | | C | | R² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **15°C** | 65.1014 | ±3.687 | 12.5524 | ±0.303 | 6.8651$^{ns}$ | ±3.0493 | 2.5325$^{ns}$ | ±1.5121 | 0.977 |
| **20°C** | 73.5055 | ±2.7074 | 7.4951 | ±0.1789 | 4.0166 | ±0.3333 | 0.8975 | ±0.1041 | 0.99 |
| **25°C** | 47.7217 | ±0.2815 | 4.6182 | ±0.0385 | 1.1983 | ±0.0651 | 0.7211 | ±0.049 | 0.99 |
| **30°C** | 16.512 | ±0.0542 | 4.6779 | ±0.0296 | 1.402 | ±0.0886 | 1.1219 | ±0.0871 | 0.99 |

$^{ns}$ não significativo. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

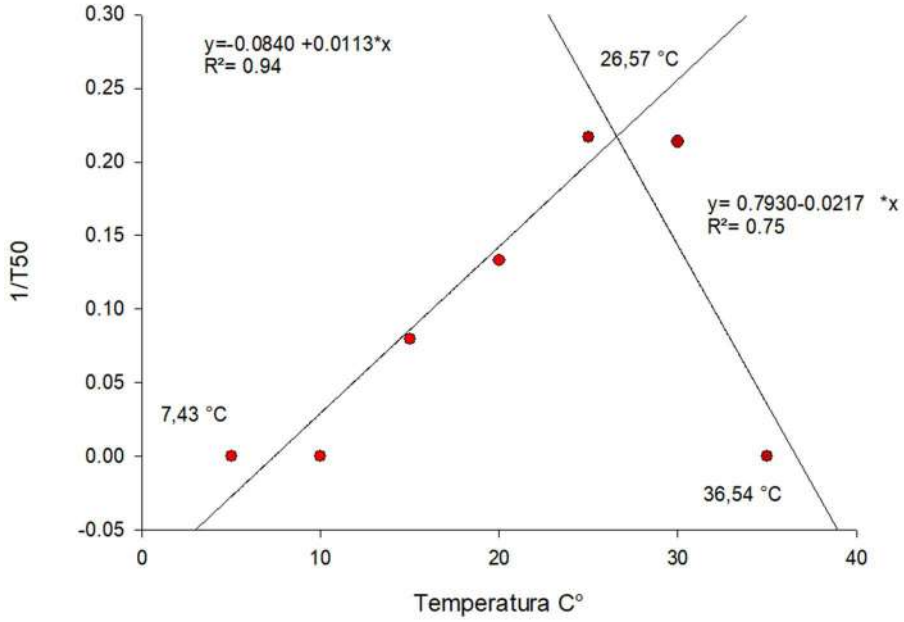



Figura 24. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Richardia brasiliensis.*

***Bidens pilosa***

Aos 10°C e 15°C, *B. pilosa* (Figura 25), apresentou os mesmos valores para germinação e tempo para 50% da germinação. Para as duas temperaturas, a germinação atingiu 27,59%, com tempo de germinação (T50) de 8,45 dias (Tabela 20). Em 20°C, o percentual de germinação aumentou (53,35%), porém, houve diminuição no tempo de emergência de 50% (5,06 dias). Em 25°C, o percentual de germinação chegou ao máximo registrado para a espécie, 54,51%, com um T50 extremamente reduzido (2,88 dias). Aos 30°C, houve decréscimo na germinação (45,49%), com um

T50 de 3,12 dias. Em 35°C, a germinação caiu drasticamente (8,01%), apresentando o menor valor entre as temperaturas. A temperatura base estimada foi de 5°C, a ótima de 8,27°C e a máxima de 38,29°C (Figura 26).

*Bidens pilosa* apresenta um desempenho de germinação notavelmente mais eficaz em temperaturas mais baixas, com uma taxa de germinação mais alta e um processo mais rápido entre 10°C e 25°C. Temperaturas mais altas resultam em uma diminuição significativa na germinação, evidenciando a sensibilidade da espécie ao calor extremo.

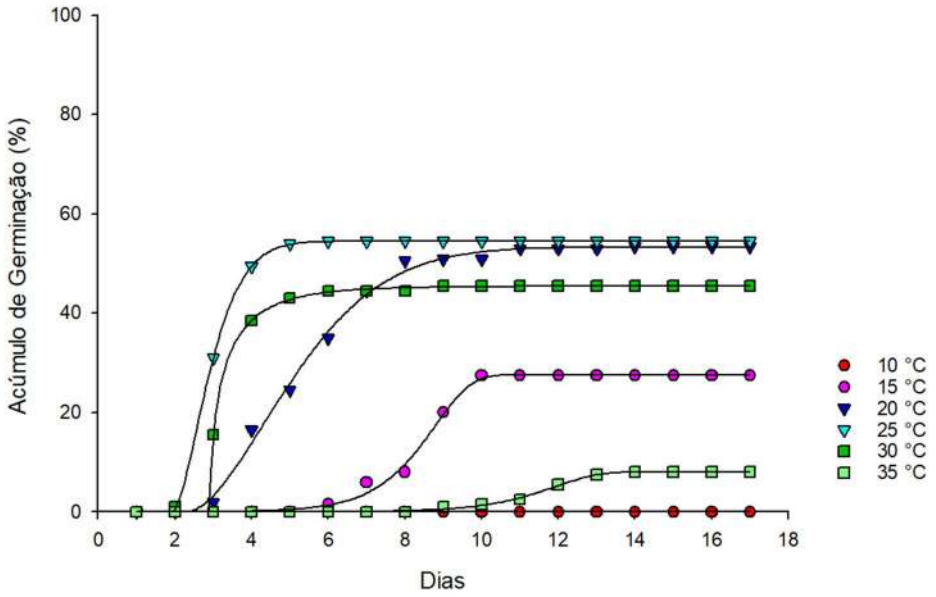



Figura 25. Curvas cumulativas de germinação para Bidens pilosa em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias.

Tabela 20. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para *Bidens pilosa.* (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia).

| °C | A | | T50 | | B | | C | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **10°C** | 27.59 | ±0.30 | 8.45 | ±0.23 | 96.24 | ±3.20 | 10.20 | ±3.40 | 0.99 |
| **15°C** | 27.59 | ±0.30 | 8.45 | ±0.23 | 96.24 | ±3.20 | 10.20 | ±3.40 | 0.99 |
| **20°C** | 53.35 | ±0.47 | 5.06 | ±0.07 | 3.40 | ±0.37 | 1.70 | ±0.24 | 0.99 |
| **25°C** | 54.51 | ±0.01 | 2.88 | ±0.00 | 1.18 | ±0.00 | 1.58 | ±0.01 | 1.00 |
| **30°C** | 45.49 | ±0.14 | 3.12 | ±0.02 | 0.39 | ±0.07 | 0.62 | ±0.07 | 0.99 |
| **35°C** | 8.01 | ±0.09 | 11.49 | ±0.06 | 20.09 | ±69.28 | 18.20 | ±62.79 | 0.99 |

[ns] não significativo. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

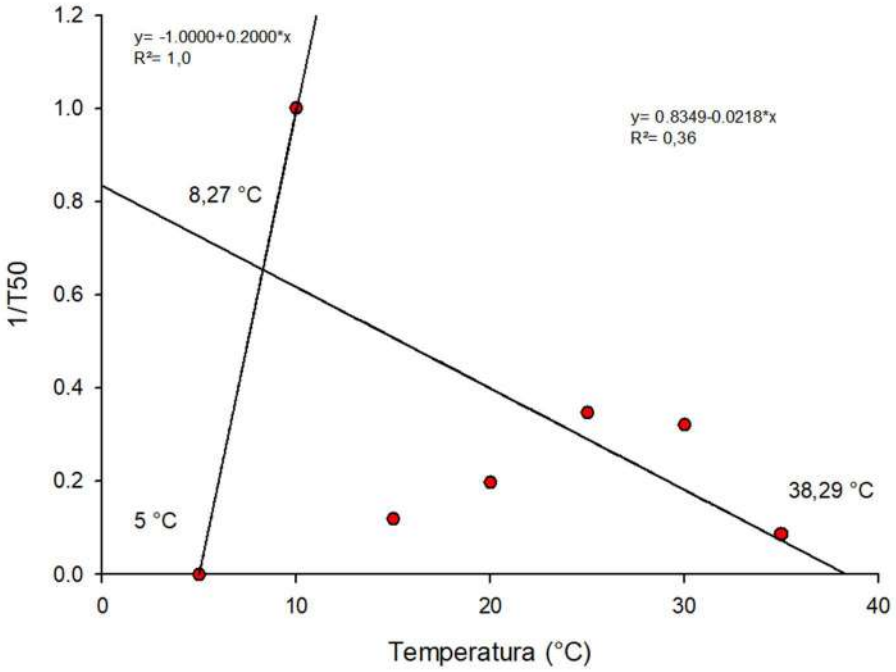



Figura 26. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Bidens pilosa.*

***Gamochaeta coarctata***

A espécie *Gamochaeta coarctata* expressou melhor germinação na temperatura de 20°C (Figura 27), com o percentual de germinação de 78,55%, e um T50 de 7,95 dias (Tabela 21). Para a temperatura de 15°C, o percentual de germinação foi de 35,61%, com um T50 de 11,23 dias. A temperatura de 25°C, expressou a menor taxa de germinação, 13,52%, o que representa uma diminuição significativa em relação às temperaturas anteriores. O T50 foi de 5,48 dias, indicando uma germinação rápida, mas o baixo percentual sugere que a temperatura de 25°C não é ideal para essa espécie.

As temperaturas de 15°C e 25°C também permitiram germinação, mas com um desempenho inferior, especialmente a 25°C, onde o percentual de germinação foi significativamente reduzido. Não houve germinação nas demais temperaturas. A temperatura base estimada foi de 5,86°C, a ótima de 25,09°C e a máxima de 30°C (Figura 28).

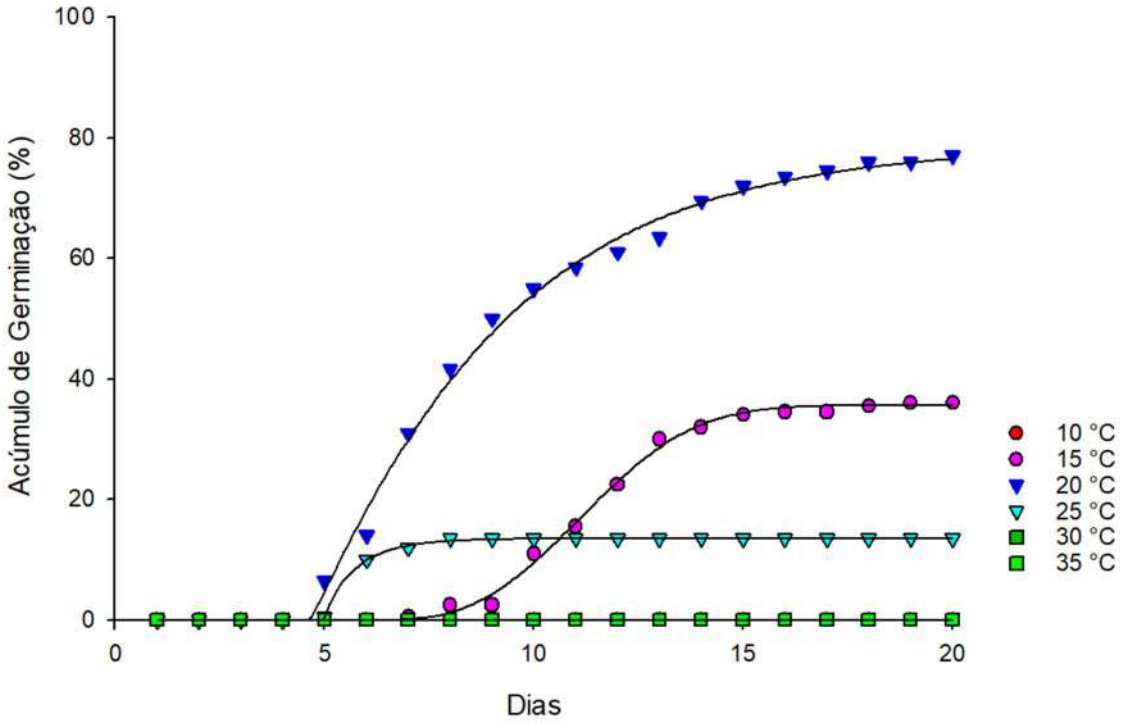



Figura 27. Curvas cumulativas de germinação para *Gamochaeta coarctata* em diferentes temperaturas constantes em função do tempo em dias.

Tabela 21. Parâmetros estimados (a, T50, b, c) da função de Weibull ajustada aos dados da temperatura para *Gamochaeta coarctata.* (A: percentagem máxima de emergência registrada; T50: o tempo para a germinação de 50% da população; B: taxa de aumento uma vez que a emergência se inicia).

| °C | A | | T50 | | B | | C | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **15°C** | 35.61 | ±0.30 | 11.23 | ±0.08 | 5.71 | ±1.01 | 2.84 | ±0.60 | 0.99 |
| **20°C** | 78.55 | ±1.23 | 7.95 | ±0.10 | 4.64 | ±0.22 | 1.08 | ±0.09 | 0.99 |
| **25°C** | 13.52 | ±0.03 | 5.48 | ±0.03 | 0.75 | ±0.04 | 0.90 | ±0.06 | 0.99 |

[ns] não significativo. As temperaturas que não estão na tabela não apresentaram germinação e, portanto, não houve ajuste da regressão.

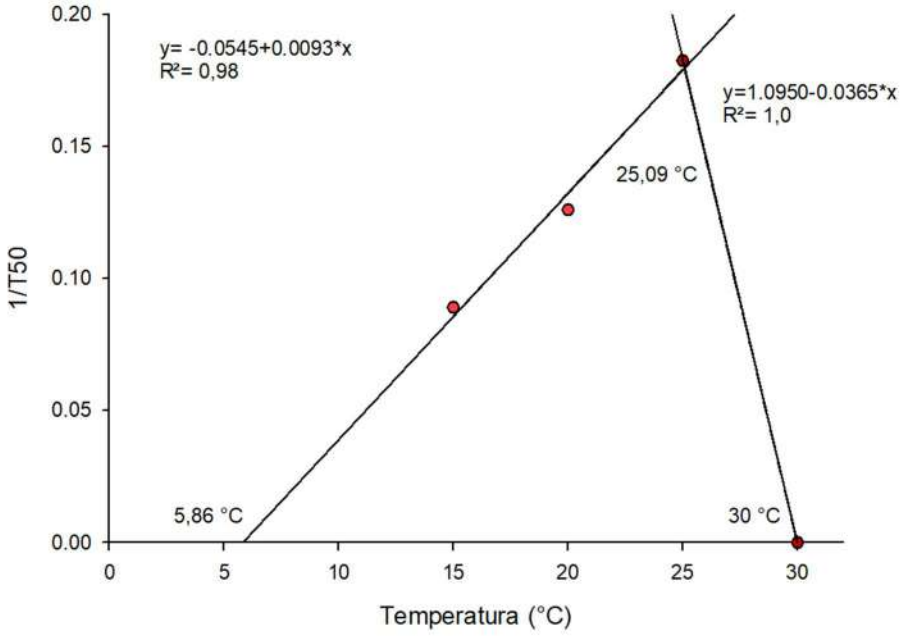



Figura 28. Linha de regressão ajustada aos resultados 1/T50, nas faixas de temperatura sub ótima e supra ótima em resposta a diferentes temperaturas para *Gamochaeta coarctata.*

### 4.4 Modelo de emergência

Para a modelagem do fluxo de emergência, foi monitorado diariamente a temperatura da região. Durante o levantamento, a temperatura máxima da região observada foi de 39,2 °C, registrada entre os meses de Março e Abril de 2023 e, a temperatura média do solo registrada foi de 22,5 °C, estando acima das temperaturas bases calculadas. Essas condições térmicas, aliadas às práticas de manejo adotadas em cada área, influenciaram diretamente os padrões de emergência de plantas daninhas.

Nas áreas avaliadas, observou-se uma divergência na emergência das espécies, o que está diretamente relacionado ao manejo adotado em cada uma delas. Áreas orgânicas com práticas de rotação de culturas e cobertura vegetal apresentaram uma redução na emergência de plantas daninhas quando comparadas a áreas de sucessão simples. A presença de cobertura do solo com palhada remanescente desempenha um papel importante ao promover o sombreamento, dificultando a germinação das sementes de plantas daninhas ao criar barreiras físicas e alterar a temperatura e a disponibilidade de luz no solo (QUEIROZ et al., 2010).

Os manejos adotados nas áreas orgânicas também apresentaram variações ao longo dos anos, influenciando diretamente os padrões de emergência

das plantas daninhas. A ausência de cultivos nas janelas de entressafra, a falta de uso consistente de plantas de cobertura e a redução da cobertura do solo com palhada contribuíram para uma emergência concentrada e elevada de plantas daninhas em um único ciclo. Esse cenário contrastou com o manejo nas áreas convencionais, onde o uso de herbicidas foi eficaz em controlar as populações de plantas daninhas, resultando em uma baixa densidade de indivíduos ao longo do tempo.

As características dos fluxos de emergência das espécies avaliadas, associadas às condições ambientais, permitiram a criação de um modelo de predição de emergência com base no tempo térmico (TT). No entanto, o modelo mostrou-se incapaz de descrever com precisão a emergência das espécies, devido às condições climáticas distintas observadas entre os anos de avaliação. Essa variabilidade reflete a interação entre fatores ambientais e as práticas de manejo, que influenciam diretamente o comportamento das plantas daninhas e seus padrões de emergência ao longo do tempo.

O coeficiente de determinação ($R^2$) para as espécies variou entre 0,70 e 0,99 em relação ao TT (graus-dia acumulados). A previsibilidade dos modelos de TT variou entre as áreas avaliadas para as mesmas espécies de plantas daninhas, possivelmente devido às práticas de manejo adotadas em cada área e às condições ambientais que influenciaram a emergência das espécies estudadas (SCHIMIDT, 2022). A presença de plantas de cobertura nos sistemas agroecológicos durante o inverno, por exemplo, pode atuar como uma barreira física, impedindo a germinação de sementes de plantas daninhas. Isso explicaria a baixa emergência de *Conyza canadensis*, cuja emergência foi praticamente nula em algumas áreas, mesmo sob temperaturas amenas.

As espécies *L. sibiricus*, *B. subalternans* e *R. brasiliensis* apresentaram o maior número de emergências ao longo dos anos de avaliação em todas as áreas, mas também mostraram grande variabilidade, o que dificultou o ajuste consistente do modelo de emergência para essas espécies em determinados manejos. Essa variação pode estar associada às diferentes condições climáticas dos anos avaliados. Essas espécies possuem alta tolerância a temperaturas elevadas e ampla faixa de germinação; assim, anos mais quentes podem ter favorecido suas taxas de emergência, aumentando a variabilidade dos resultados e dificultando o ajuste do modelo.

Essa mesma divergência pode ser observada em *B. subalternans, C. canadensis* e *Gamochaeta coarctata*, que apresentaram emergência durante o período de avaliação, porém em baixa densidade. A emergência mais uniforme dessas espécies durante as avaliações, possibilitou o ajuste do modelo em algumas áreas, evidenciando que o modelo de predição com base na temperatura, não se ajusta a grande variabilidade de dados.

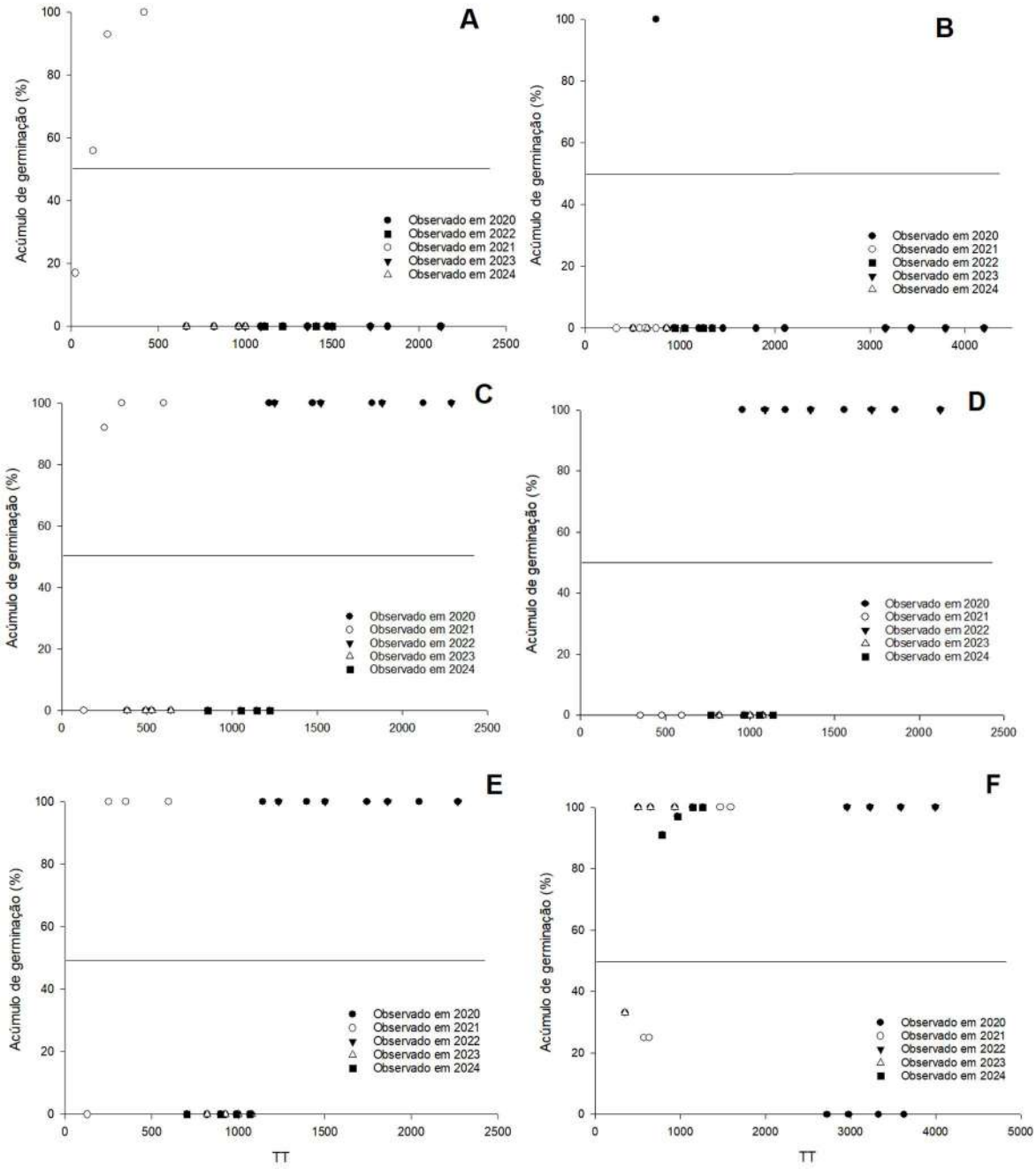



Figura 29. Modelo de tempo térmico (TT) de *Conyza canadensis* durante o período de inverno (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

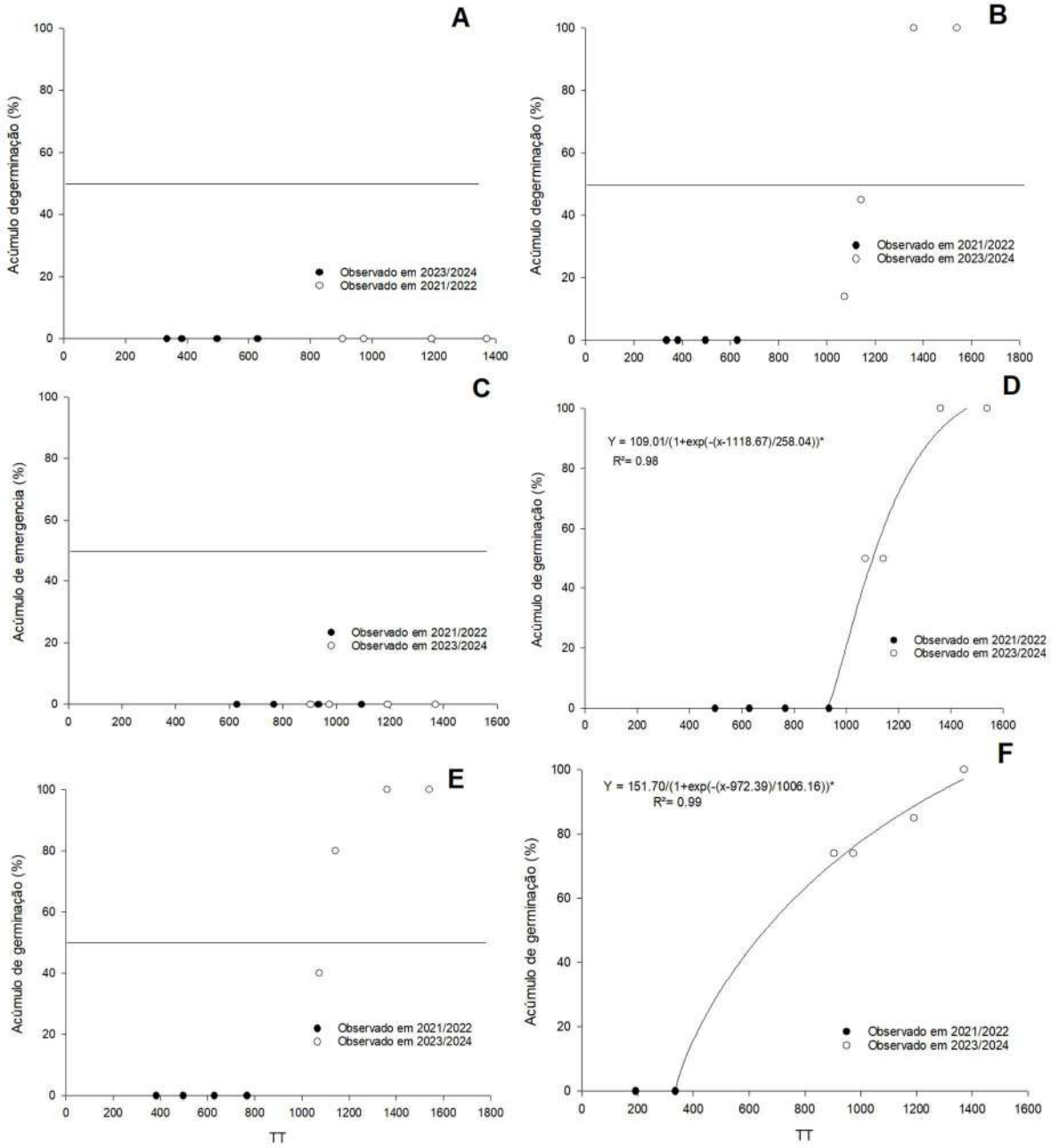



Figura 30. Modelo de tempo térmico (TT) de *Conyza canadensis* durante o período de verão (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

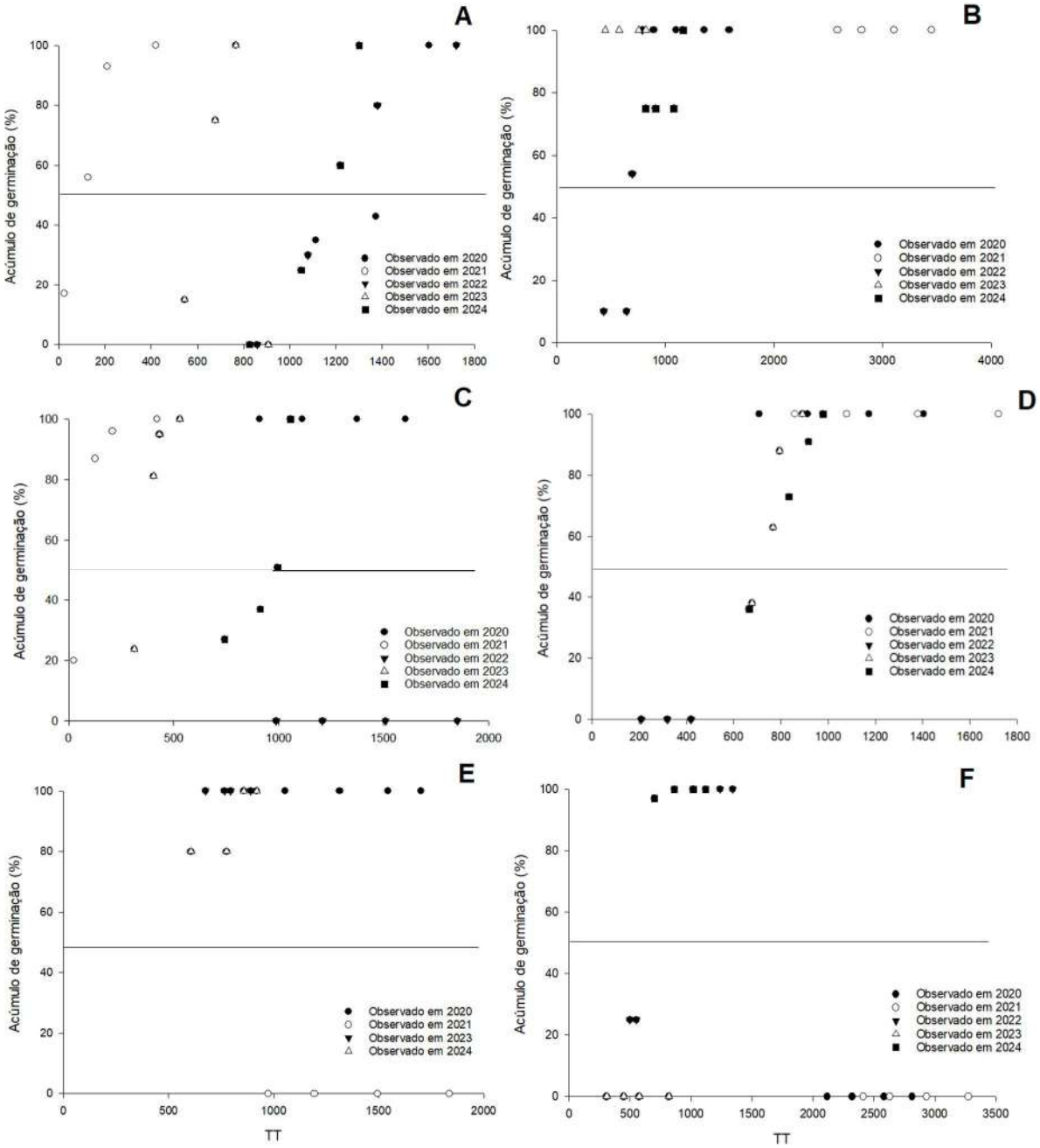



Figura 31. Modelo de tempo térmico (TT) de *Leonurus sibiricus* durante o período de inverno (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

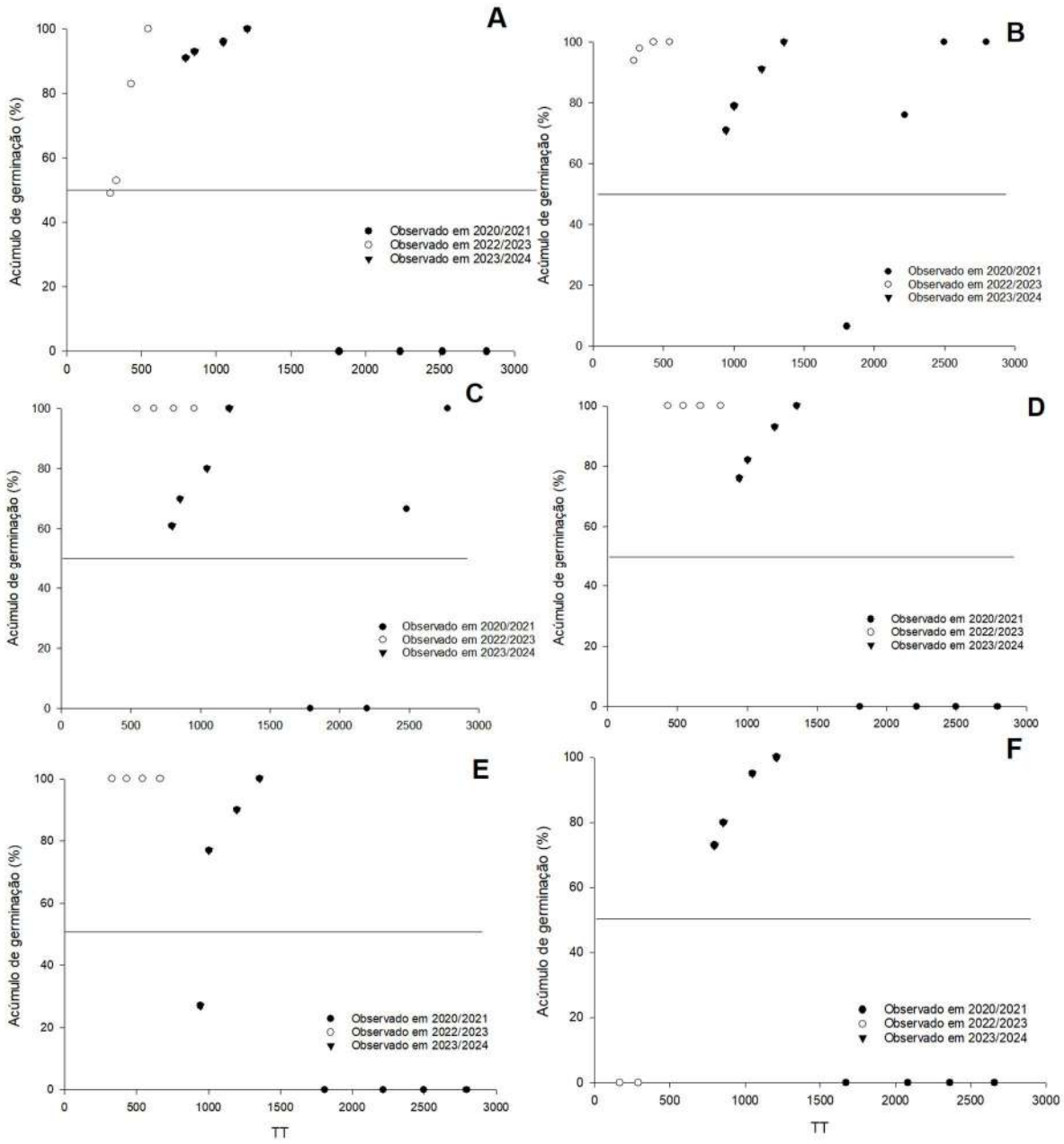



Figura 32. Modelo de tempo térmico (TT) de *Leonurus sibiricus* durante o período de verão (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

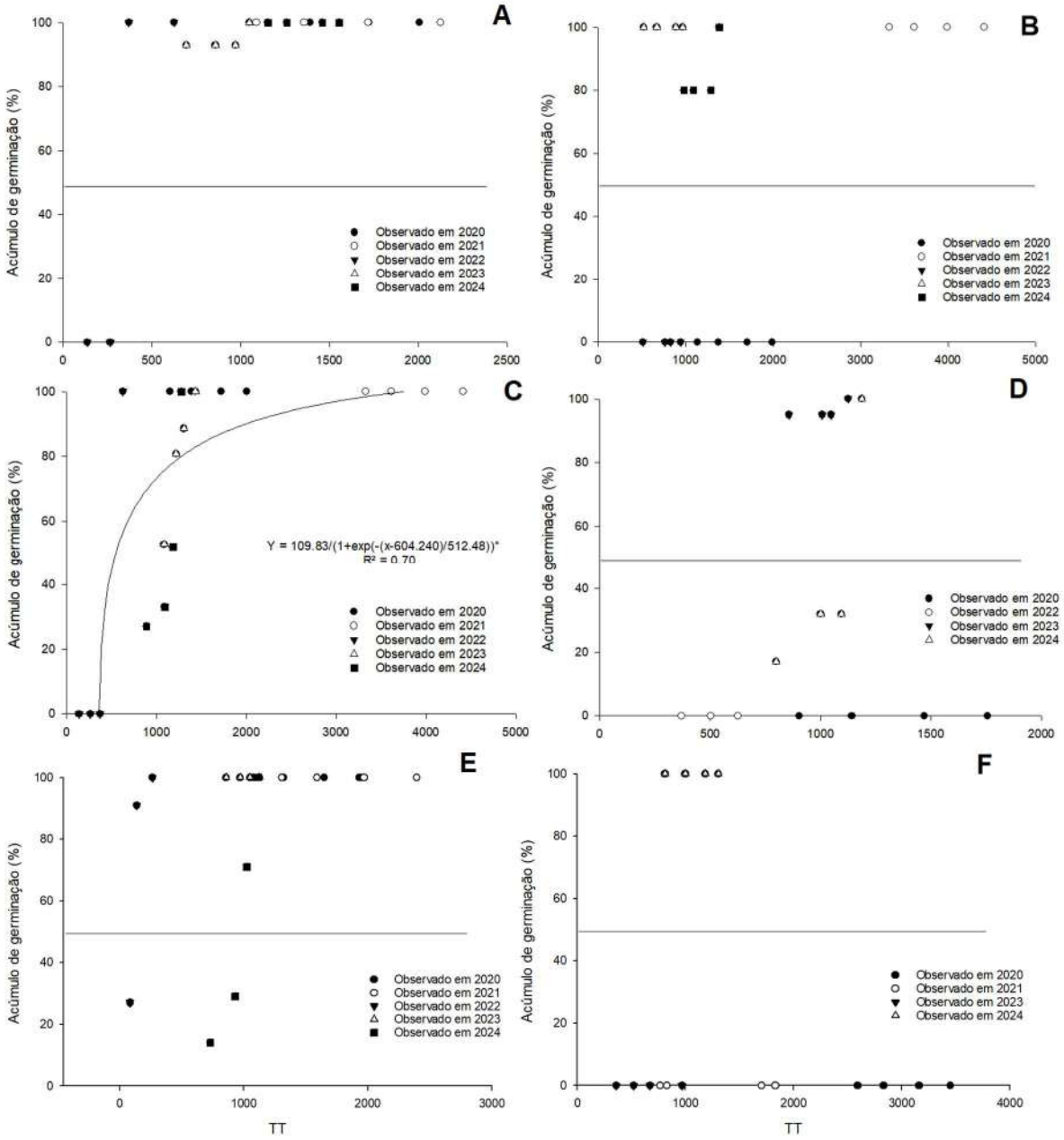



Figura 33. Modelo de tempo térmico (TT) de *Bidens subalternans* durante o período de inverno (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

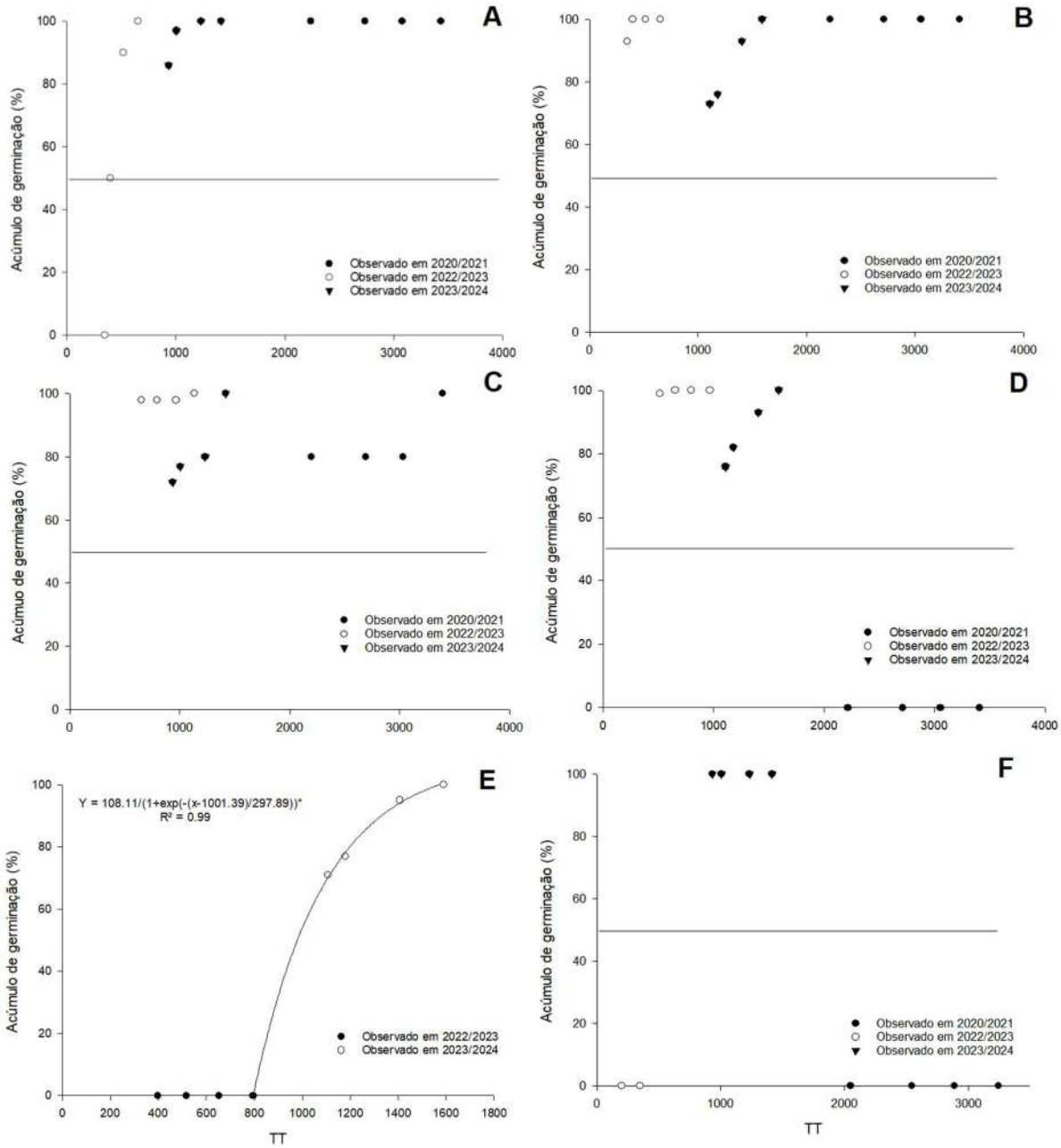



Figura 34. Modelo de tempo térmico (TT) de *Bidens subalternans* durante o período de verão (2020/2021 e 2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

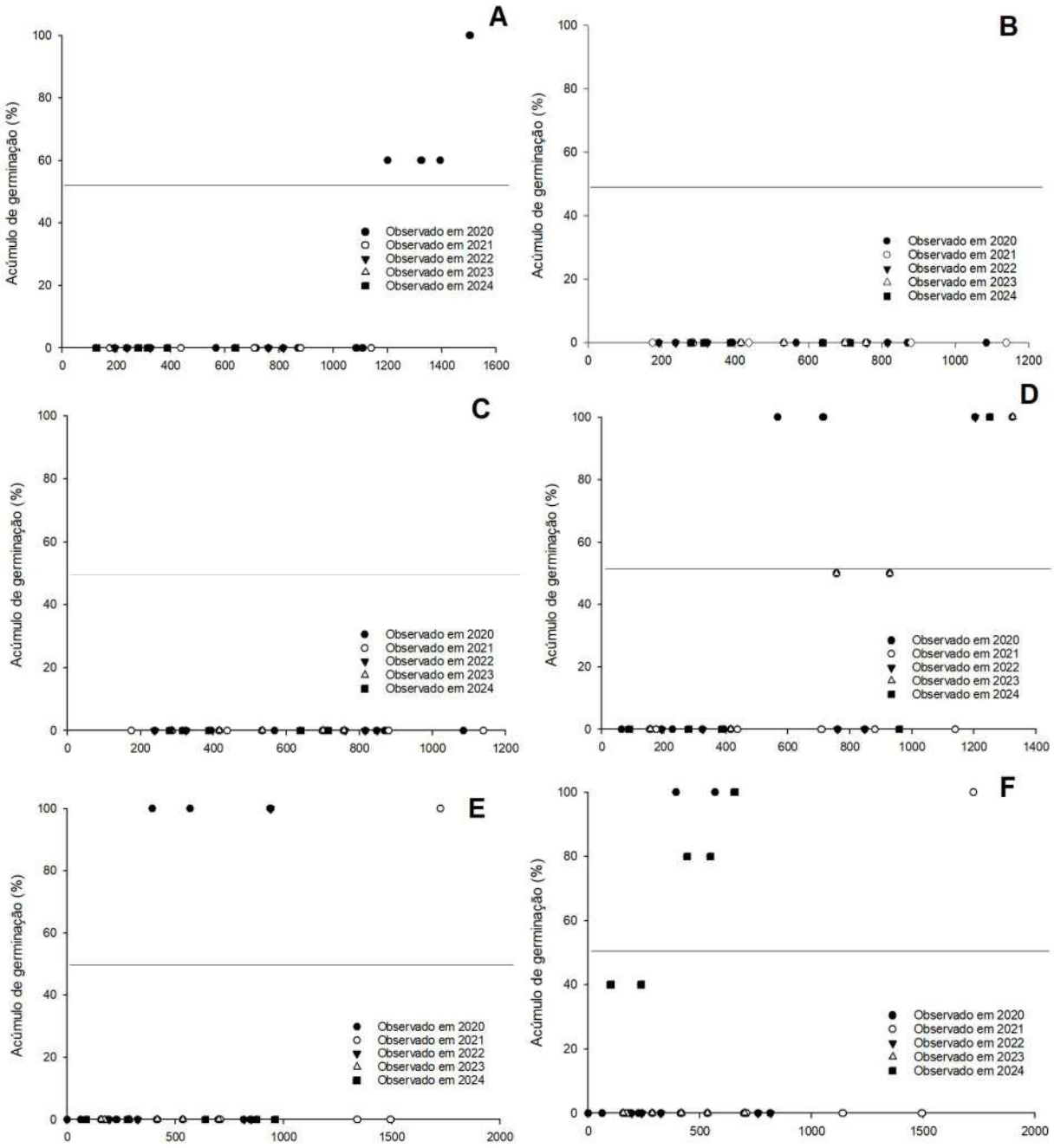



Figura 35. Modelo de tempo térmico (TT) de *Digitaria insularis* durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

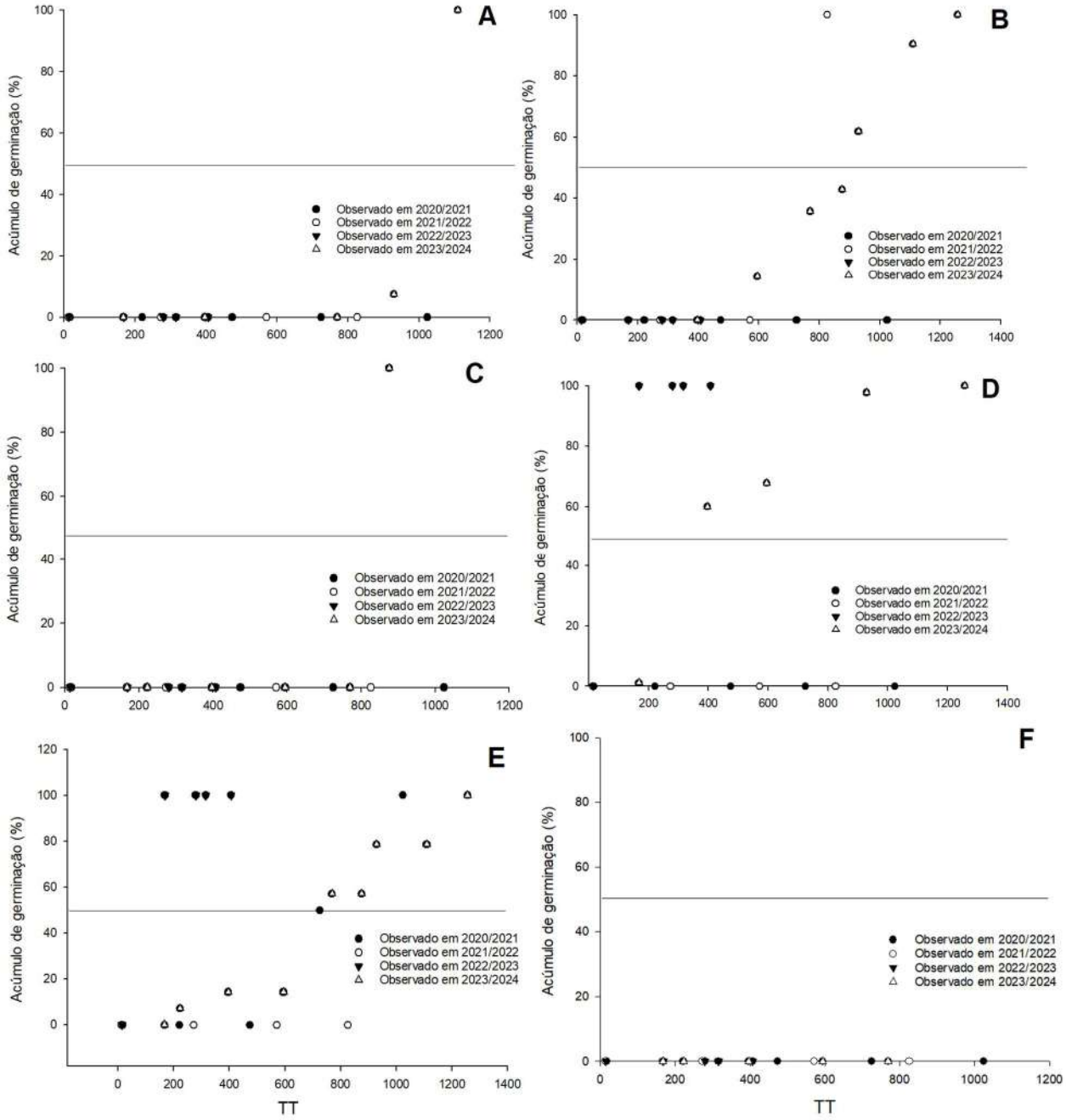



Figura 36. Modelo de tempo térmico (TT) de *Digitaria insularis* durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

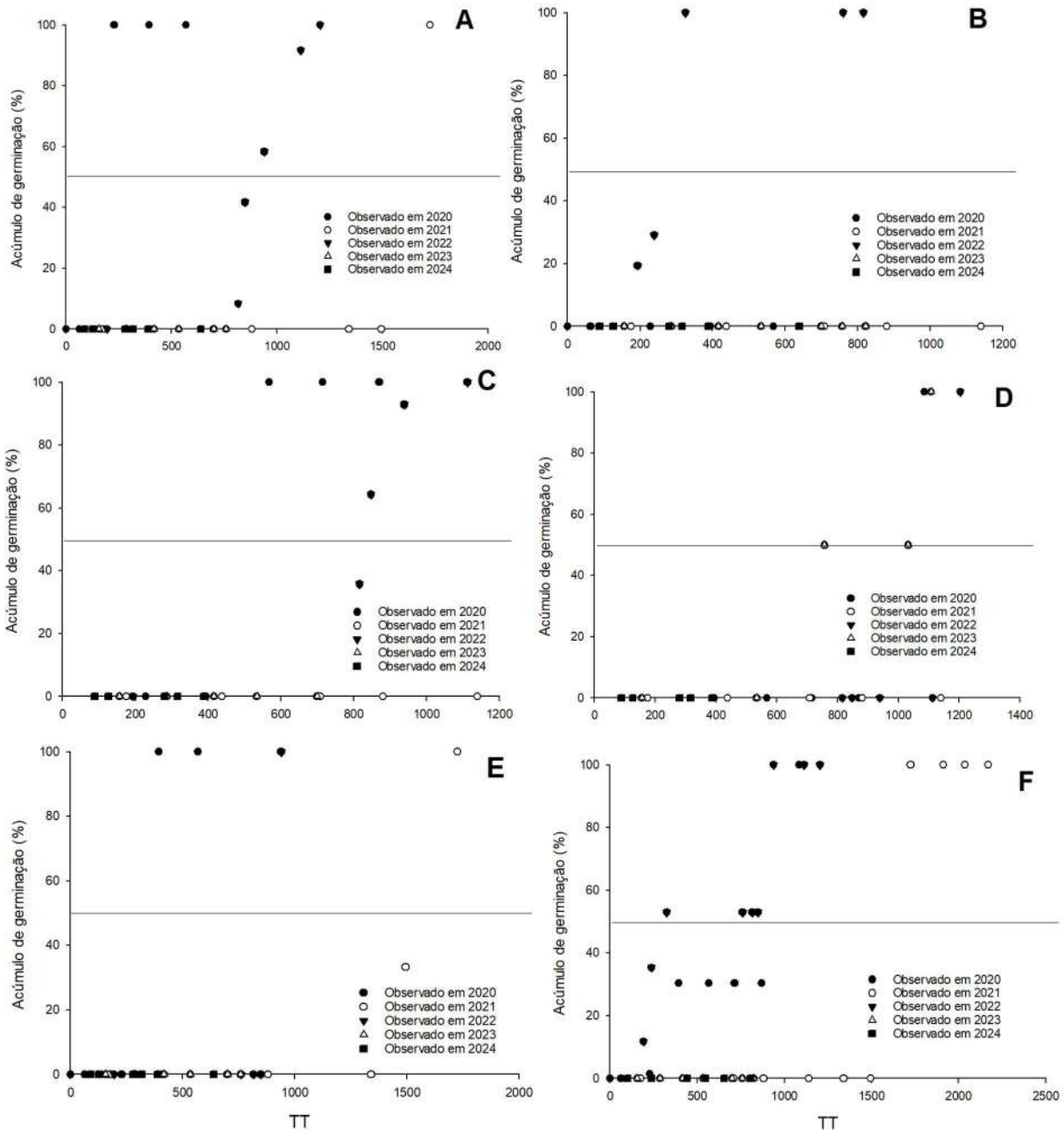



Figura 37. Modelo de tempo térmico (TT) de *Sonchus oleraceus* durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

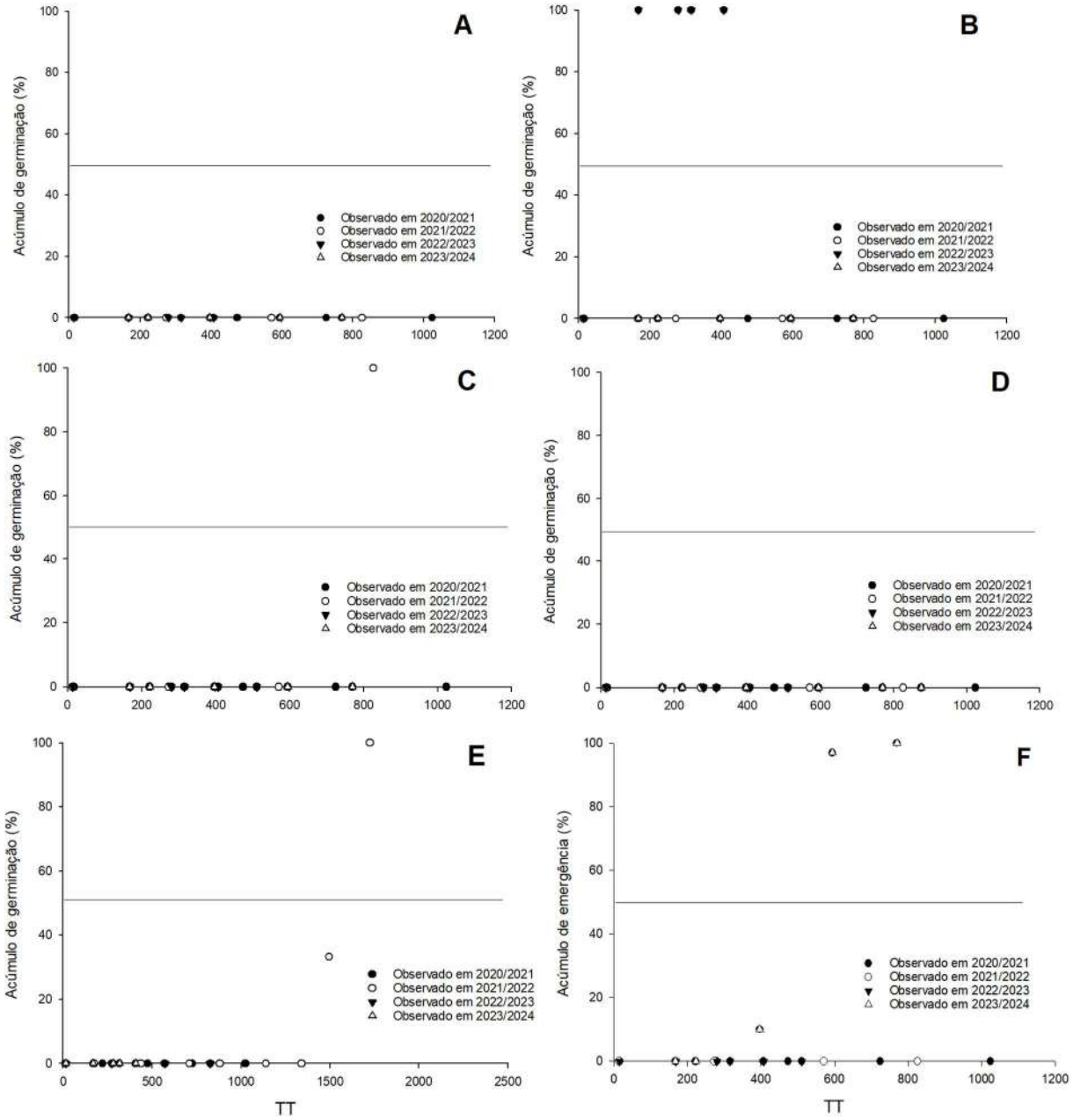



Figura 38. Modelo de tempo térmico (TT) de *Sonchus oleraceus* durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

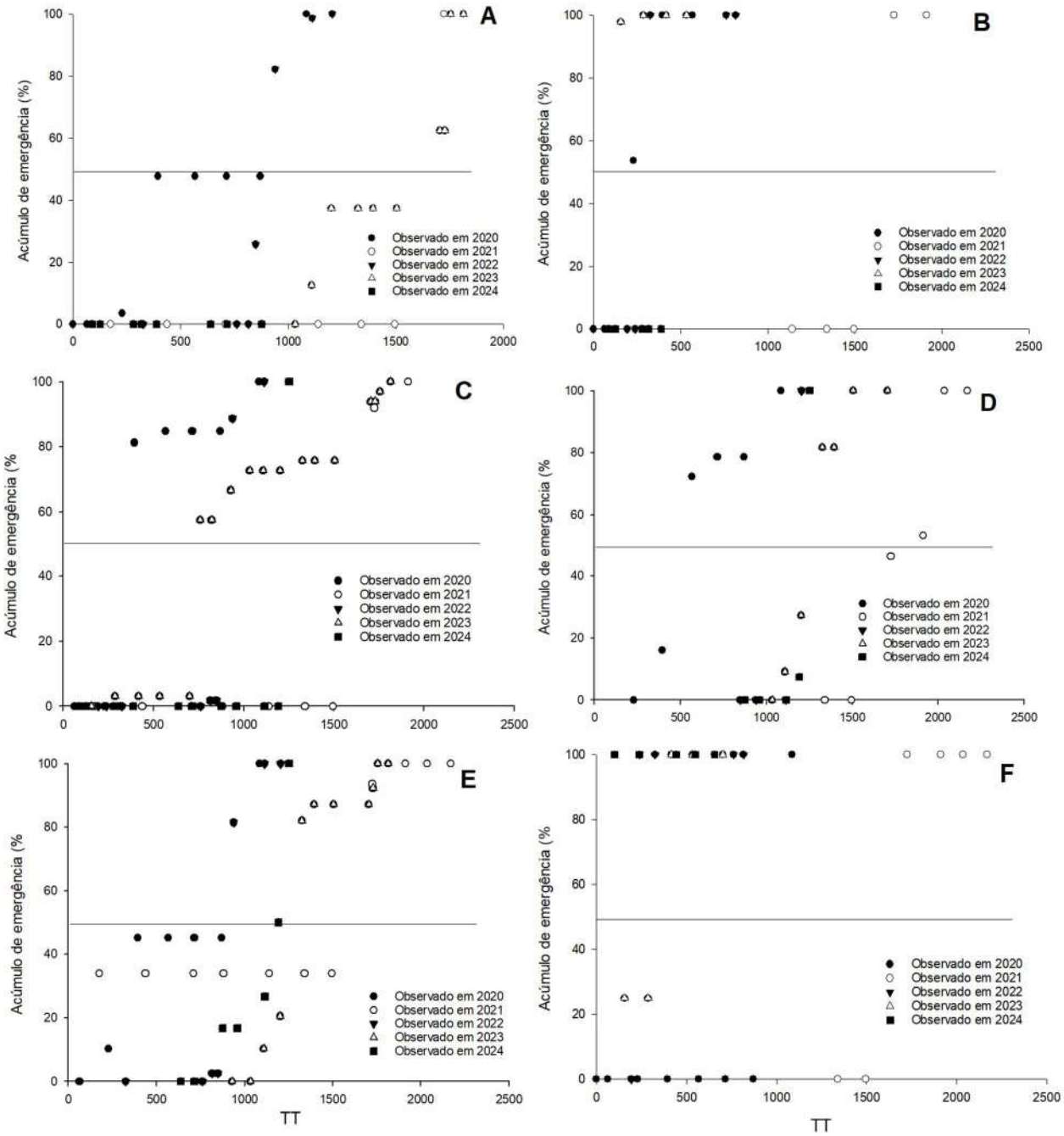



Figura 39. Modelo de tempo térmico (TT) de *Richardia brasiliensis* durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

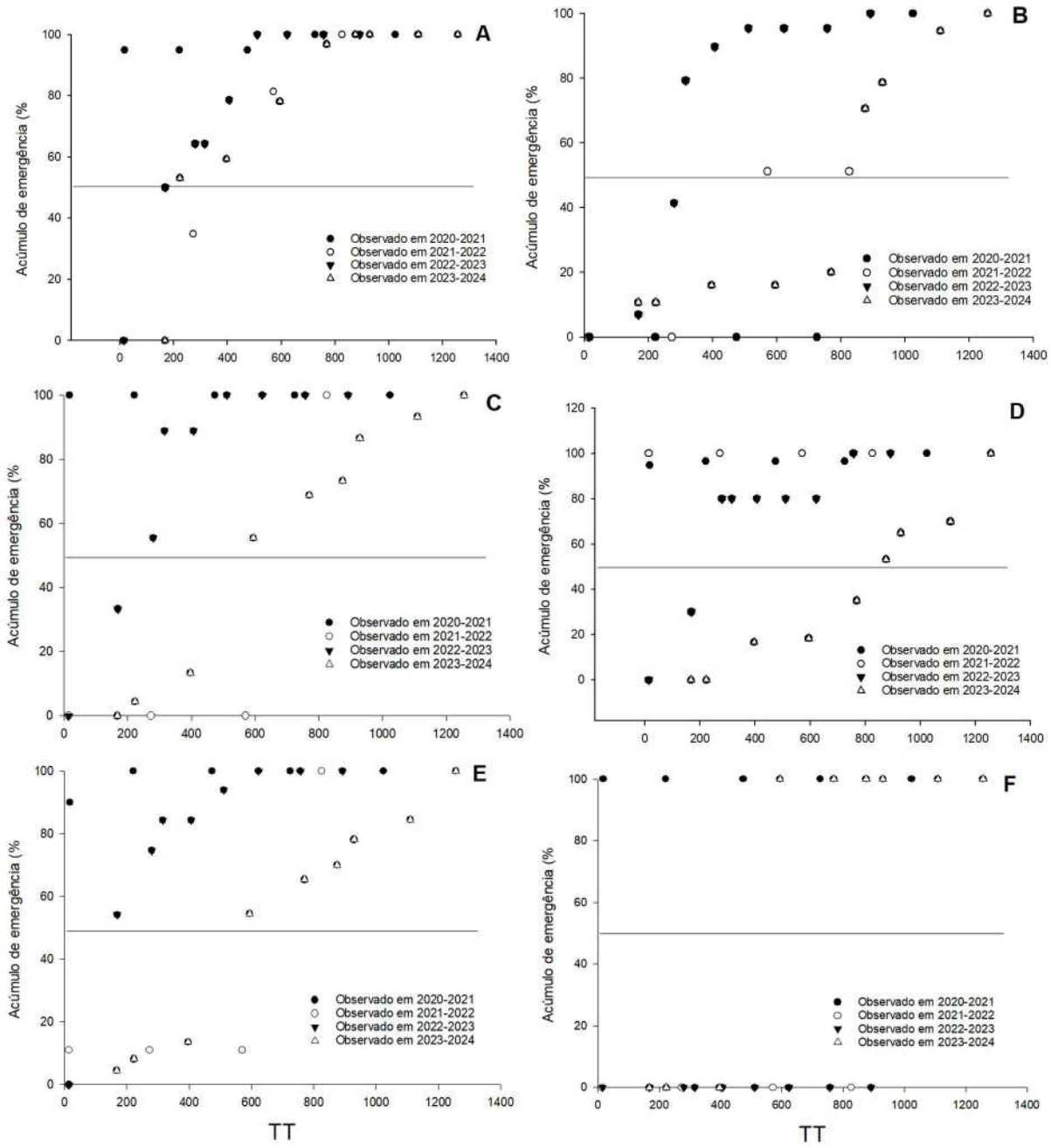



Figura 40. Modelo de tempo térmico (TT) de *Richardia brasiliensis* durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

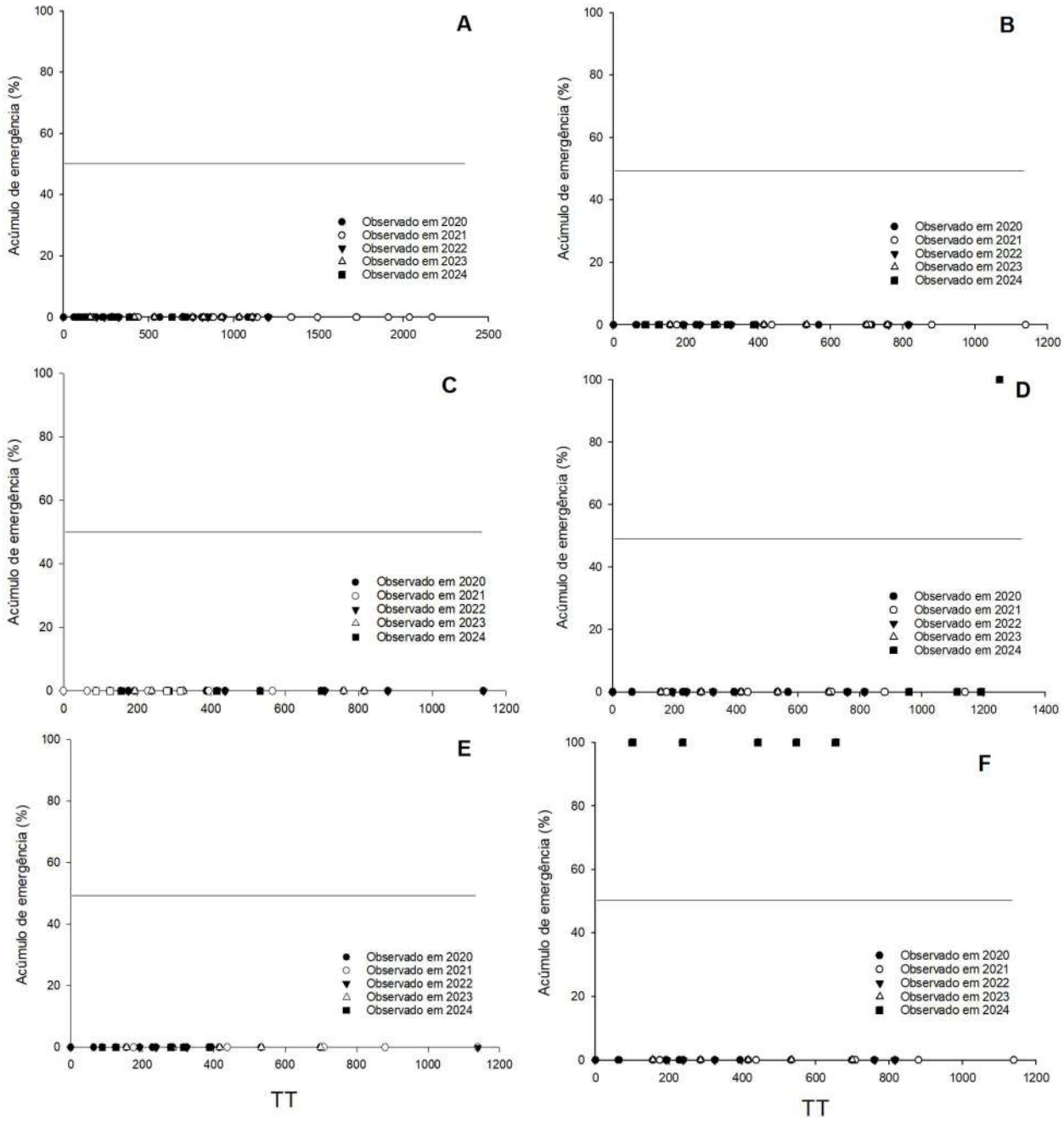



Figura 41. Modelo de tempo térmico (TT) de *Bidens pilosa* durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

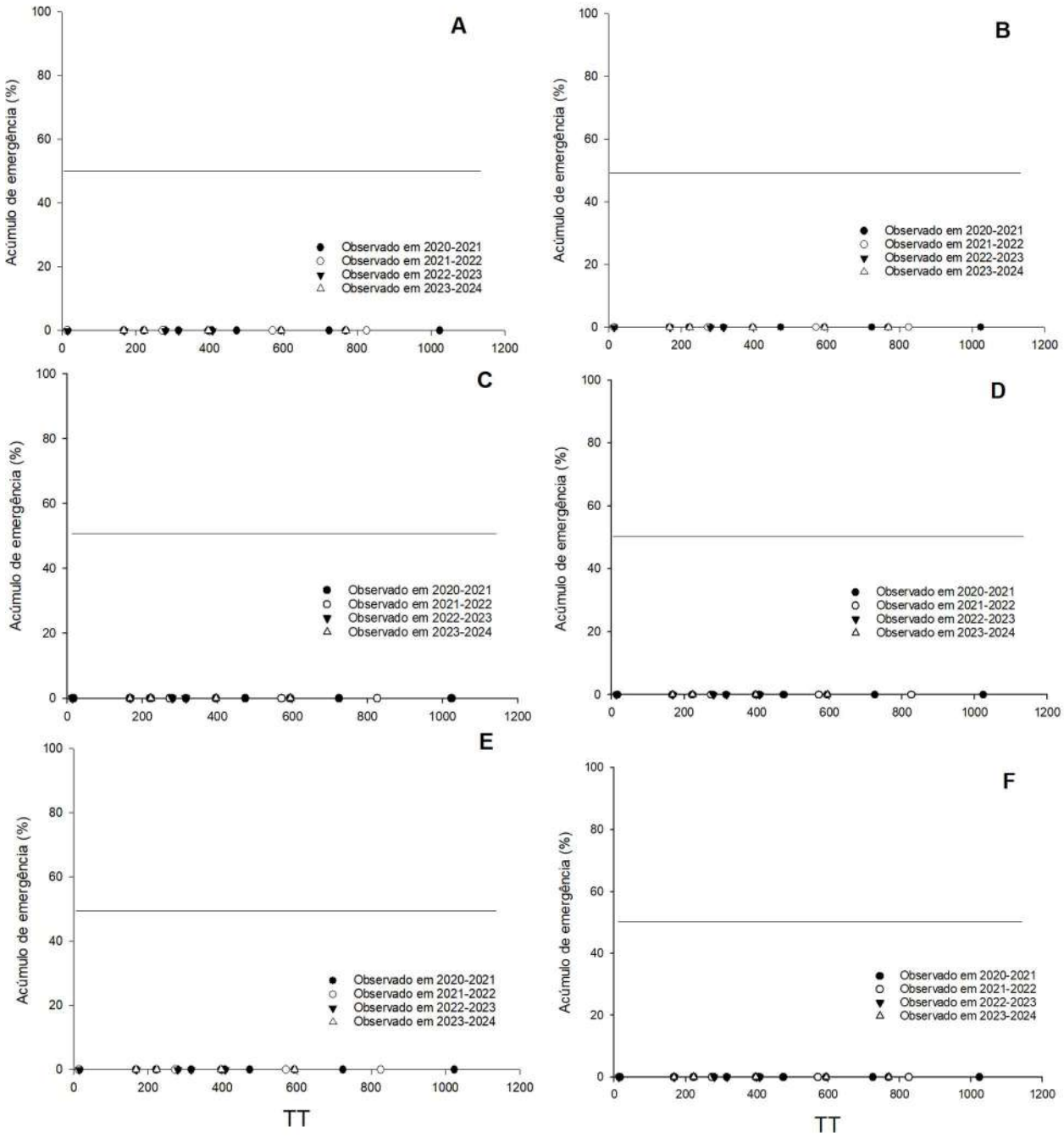



Figura 42. Modelo de tempo térmico (TT) de *Bidens pilosa* durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

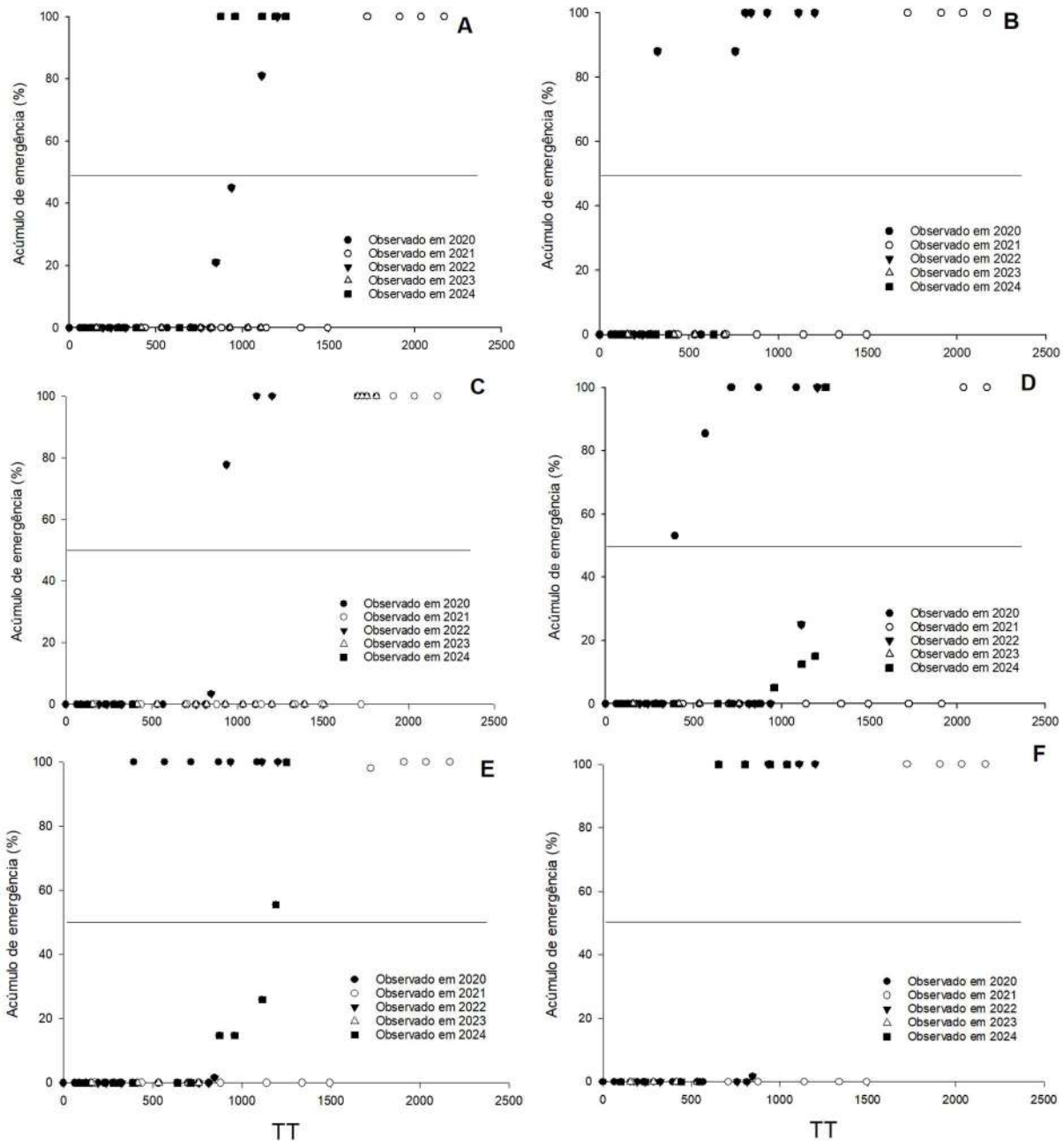



Figura 43. Modelo de tempo térmico (TT) de *Gamochaeta coarctata* durante o período de inverno (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

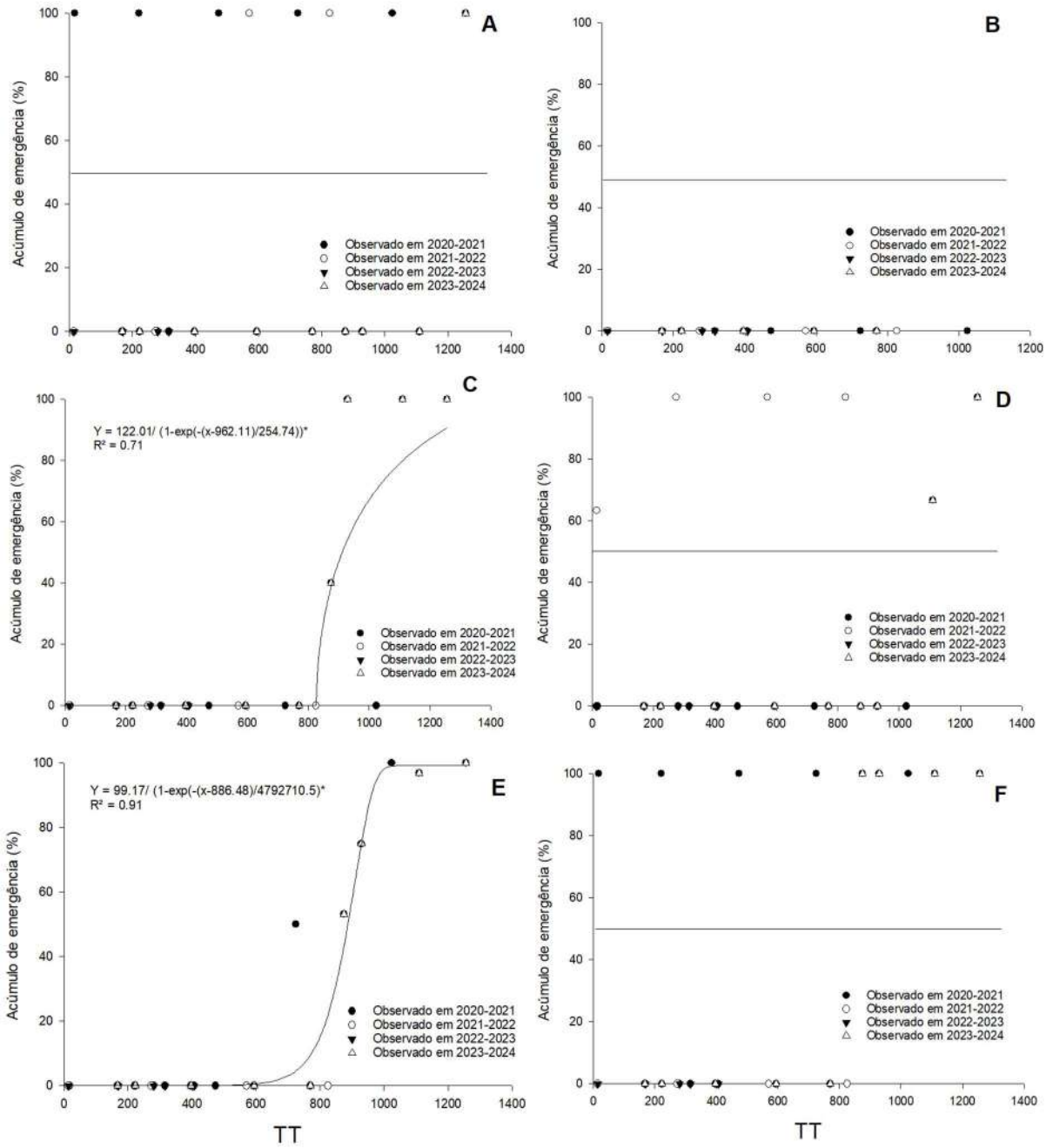



Figura 44. Modelo de tempo térmico (TT) de *Gamochaeta coarctata* durante o período de verão (2020/2021/2022/2023/2024) nas áreas A, B, C, D, E e F. Linhas representam emergência prevista e símbolos representam a emergência observada.

A elevada variabilidade na emergência de plantas daninhas observada ao longo dos cinco anos de avaliação nas áreas orgânicas e convencional, combinada com as temperaturas atípicas registradas nos dois últimos anos, comprometeu o ajuste da curva de predição de emergência. Essa inconsistência nos padrões de emergência reflete tanto as diferenças nas condições microclimáticas e nos manejos agrícolas

adotados quanto a influência direta de variações climáticas extremas, dificultando a obtenção de parâmetros estáveis e confiáveis para o modelo preditivo.

Para aumentar a precisão do modelo, seria essencial trabalhar com um conjunto de dados mais abrangente, coletado ao longo de vários anos e com diferentes padrões climáticos. Isso permitiria identificar anos com condições ambientais similares, possibilitando ajustes específicos do modelo para cada cenário climático.

## 5. Conclusão

Foram identificadas 47 espécies, pertencentes a 15 famílias. As famílias mais representativas foram as Poaceae, Asteraceae e Euphorbiaceae, sendo Poaceae a mais significativa.

Dentre os sistemas agroecológicos o sistema E, apresentou maior diversidade com 36 espécies de planas daninhas identificadas, enquanto a menor diversidade foi encontrada na área F (Convencional), com 24 espécies identificadas.

O sistema B apresentou a maior emergência de plantas daninhas entre os sistemas agroecológicos. Já nos sistemas A, C, D e E, a utilização de plantas de cobertura reduziram emergência de plantas daninhas.

*Bidens subalternans, Digitaria insularis* e *Sonchus oleraceus* apresentaram maior germinação em temperaturas mais elevadas, 30°C 35°C e 30°C respectivamente. *Richardia brasiliensis e Gamochaeta coarctata* tiveram maior germinação em temperaturas mais amenas (20°C). Já *Bidens pilosa* e *Leonurus sibiricus* mostraram capacidade de germinar em uma ampla faixa térmica, com boa germinação tanto em 20°C quanto em 25°C, sugerindo maior plasticidade térmica.

Embora o modelo de tempo térmico seja útil para prever a germinação em condições moderadas, ele não explica completamente o comportamento em extremos de temperatura. Isso implica que o processo de germinação é mais complexo do que o simples acúmulo de calor, integrando elementos biológicos que variam de acordo com a espécie e as condições ambientais.

## Referências


ADEGAS, F. S., OLIVEIRA, M. F., VIEIRA, O. V., PRETE, C. E. C., GAZZIERO, D. L. P., & VOLL, E. **Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do girassol**. Planta daninha, 28, 705-716. 2010.

AGOSTINETTO, D., VARGAS, L., GAZZIERO, D. L. P., & DA SILVA, A. A. **Manejo de plantas daninhas.** In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. Soja: do plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV, 2015. Cap. 11, p. 234-255**.**

ALVARENGA, R. C., CABEZAS, W. A. L., CRUZ, J. C., & SANTANA, D. P. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, jan/fev. 2001.

ALVARADO V, BRADFORD KJ. **A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination.** Plant, Cell and Environment. 25, 1061-1069. 2002.

BARBOSA, T. V., PIRONDI, G. P., & DA COSTA, D. R. **Uso de Fagopyrum esculentum e Ocimum basilicum no controle da erosão laminar, em Sorocaba-SP.** Research, Society and Development, 11(12), e529111233399-e529111233399. 2022.

BALBINOT JR, A. A., MORAES, A., & BACKES, R. L. **Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho.** Planta daninha, *25*, 473-480. 2007.

BALBINOT JR, A. A., MORAES, A. D., PELISSARI, A., DIECKOW, J., & VEIGA, M. **Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (Zea mays) cultivado em sucessão.** Planta Daninha, 26, 569-576. 2008.

BASKIN, C. C. **Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination.** Academic Press. 1998.

BENDIG, J., BOLTEN, A., & BARETH, G. **UAV-based Imaging for Multi-Temporal, very high Resolution Crop Surface Models to monitor Crop Growth Variability, Photogramm**. Fernerkun., 6, 551–562. 2013.

BENECH-ARNOLD, R. L., SÁNCHEZ, R. A., FORCELLA, F., KRUK, B. C., & GHERSA, C. M. **Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil.** Field crops research, *67*(2), 105-122. 2000.

BEWLEY, J. D., BRADFORD, K. J., HILHORST, H. W., NONOGAKI, H., **Development and maturation. Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy, 3rd Edition**, 27-83. 2013.

BRANCALION, P. H. S., & MARCOS FILHO, J. **Distribuição da germinação no tempo: causas e importância para a sobrevivência das plantas em ambientes naturais.** Informativo Abrates, 18(1-3), 11-17. 2008.

BOGOSAVLJEVIĆ1, S. S.; ZLATKOVIĆ, B. K. T**wo alien species of Bidens (Compositae), new to the flora of Serbia**. Phytologia Balcanica, Knjaževac v. 21, p. 129-138, 2015.

BORDIN, I., BURATTO, O. M., COSTA, A. C. P. R. DA, RODRIGUES, B. N., & LLANILLO, R. F. **Fitossociologia de plantas daninhas em sistemas de produção de soja diversificados.** Semina: Ciências Agrárias, *42*(6SUPL2), 3567–3580. 2021.

BORKERT, C. M., GAUDÊNCIO, C. D. A., PEREIRA, J. E., PEREIRA, L. R., & OLIVEIRA JUNIOR, A. D. **Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38, 143-153. 2003.

BRACCINI, L.B.et al**; Biologia e manejo de plantas daninhas**. 22. ed. Curitiba: Omnipax, 2011. 175p

BRADFORD, K. J. **Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science**, v. 50, n. 2, p. 248–260, 2002

BRIGHENTI, A. M. DE OLIVEIRA, M. F. **Biologia de plantas daninhas.** In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. (Eds). Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 18-58.

BRIGHENTI, A. M. **Manual de identificação e manejo de plantas daninhas em cultivos de cana-de-açúcar.** 2010. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/875060/1/ManualBrighenti.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em 15/01/2025.

CANOSSA, R. S., OLIVEIRA JR, R. S., CONSTANTIN, J., BRACCINI, A. L., BIFFE, D. F., ALONSO, D. G., & BLAINSKI, E. **Temperatura e luz na germinação das sementes de apaga-fogo (Alternanthera tenella).** Planta Daninha, 26, 745-750. 2008.

CANOSSA, R. S., OLIVEIRA JR, R. S., CONSTANTIN, J., BIFFE, D. F., ALONSO, D. G., & FRANCHINI, L. H. M. **Profundidade de semeadura afetando a emergência de plântulas de Alternanthera tenella**. Planta Daninha, 25, 719-725. 2007.

CARDOSO VJM, PEREIRA FJM. **Dependência térmica da germinação de sementes de Drymaria cordata (L.) Willd. ex Roem. & Schult. (Cariophyllaceae).** Acta Bot. Bras. 23(2), 305-312. 2009.

CARVALHO, S. J. P. de; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFOLETTI, P. J. **Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero Amaranthus**. Bragantia, Campinas, v.67, n. 2, p. 317-326, 2008

CARVALHO, S. J. P. D., & CHRISTOFFOLETI, P. J. **Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero Amaranthus.** Bragantia, 66, 527-533. 2007.

CASTRO, Y. O., CAVALIERI, S. D., SANTOS, M. P., GOLYNSKI, A., & NASCIMENTO, A. R. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do tomate para**

**processamento industrial e para consumo in natura.** Scientific Electronic Archives, v. 9, n. 5, p. 11-17, Nov. 2016.

CHRISTOFFOLETI, P. J., & LÓPEZ-OVEJERO, R. **Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. Planta daninha, 21, 507-515. 2003.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. **Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar.** Planta Daninha, Viçosa-MG, v.22, n.1, pp.11-17.2004.

CRUSCIOL, C. A. C., MORO, E., LIMA, E. D. V., & ANDREOTTI, M. (2008). **Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto**. Bragantia, *67*, 481-489.

COSTA, A. P., et al. **Impactos ambientais do cultivo convencional: perspectivas para a sustentabilidade.** Revista Brasileira de Agronomia, 32(4), 123-135. 2019.

CRUZ, J. C., PEREIRA FILHO, I. A., ALVARENGA, R. C., & SANTANA, D. P. **Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola**. 2001.

CUNHA, J. L. X. L., DE FREITAS, F. C. L., COELHO, M. E. H., DA SILVA, M. G. O., DE SOUZA SILVA, K., & DO NASCIMENTO, P. G. M. L. **Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional**. Revista Agro@ mbiente On-line, 8(1), 119-126. 2014.

CUNHA, V. C., SANTOS, J. B., FERREIRA, E. A., CABRAL, C. M., SILVA, D. V., & GANDINI, E. M. **Anatomia foliar comparativa em espécies de guanxuma.** Planta Daninha, 31, 341-349. 2013.

DA SILVA, U. P., FURLANI, G. M., DEMUNER, A. J., DA SILVA, O. L. M., & VAREJÃO, E. V. V. **Allelopathic activity and chemical constituents of extracts from roots of Euphorbia heterophylla L**. *Natural product research*, *33*(18), 2681-2684. 2019.

DA SILVA, A. F. A., & DA SILVA LIMA, R. **Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas.** Agropecuária científica no semiárido, V. 8, n. 1, p. 01-06, jan - mar, 2012.

DA SILVA, A. F., PADRÃO, V., CONCENÇO, G., GONTIJO NETO, M. M., & PADRÃO, V. A**. Efeitos da rotação de culturas na dinâmica de plantas daninhas: um estudo em sistemas agrícolas**. EMBRAPA Milho e Sorgo - Boletim de pesquisa e desenvolvimento 254. (INFOTECA-E). 2023.

DE OLIVEIRA JR, R. S., CONSTANTIN, J., INOUE, M. H., CARREIRA, S. A. M., DVORANEN, E. C., & TESSMANN, D. J. **Diagnóstico e perspectivas do manejo de plantas daninhas na cultura da pupunha no Noroeste do Estado do Paraná.** Acta Scientiarum. Biological Sciences, *27*(2), 335-340. 2005.

DE OLIVEIRA, M. F., & WENDLING, I. J. **Uso e manejo de herbicidas em pastagens.** 2013.

DE MORAES, M. T., DEBIASI, H., FRANCHIN, J. C., & DA SILVA, V. R. **Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo.** Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água, 34-48. 2016.

DE SOUZA, J. L. **Agroecologia e agricultura orgânica: princípios técnicos, métodos e práticas**. Vitória, ES: Incaper, 2015.

E SILVA, R. L., & DE MARIA, I. C. **Erosão em sistema plantio direto: Influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi,15(6).2011

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, NV da**. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo**. Planta daninha, v. 22, p. 195-201, 2004.

FAVARATO, L. F., SOUZA, J. L., GALVÃO, J. C. C., SOUZA, C. M. D., GUARCONI, R. C., & BALBINO, J. M. D. S. **Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico**. Bragantia, 75, 497-506. 2016.

FELIPETTO, H. D. S., MERCANTE, E., VIANA, O. H., GRANEMANN, D. C., & ELIAS, A. R.**UAV applications in wheat crop: a bibliometric approach to the literature.** Revista Ciência Agronômica, 54, e20228592. 2023.

FINCH-SAVAGE, W. E., & LEUBNER-METZGER, G. **Seed dormancy and the control of germination.** New phytologist, 171(3), 501-523. 2006.

FONTANETTI, A. **Adubação e dinâmica de plantas daninhas em sistema de plantio direto orgânico de milho**. 2008. 84p. Tese de doutorado em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. P. **Manejo integrado de plantas daninhas**. Planaltina: Embrapa-CPAC. 48 p. (Boletim Técnico, 103). 2003

FRANCHINI, J. C., COSTA, J. D., & DEBIASI, H. **Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade à produção agrícola no Paraná**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute-Brasil, 1-13. 2011.

GOMES, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Weed biology and management in no-tillage areas.** Planta Daninha, v. 26, n. 4, p. 789–798, 2008.

GOMES, J. B. V., WREGE, M. S., HOLLER, W. A., & BOGNOLA, I. A. **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto. Características gerais dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.** Brasília, DF: Embrapa. E-book. Cap. 1, p. 11-16. 2020
GUMMERSON, R. J. **The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet.** Journal of Experimental Botany, v. 37, n. 6, p. 729– 741, 1986.

GROMBONE-GUARATINI, M. T., SOLFERINI, V. N., & SEMIR, J. **Reproductive biology in species of Bidens L.(Asteraceae).** Scientia Agricola, 61, 185-189. 2004.

HECKLER, J. C., & SALTON, J. C. **Palha: fundamento do Sistema Plantio Direto**. 2002.

HOLMAN, F. H., RICHE, A. B., MICHALSKI, A., CASTLE, M., WOOSTER, M. J., & HAWKESFORD, M. J. (2019). **High throughput field phenotyping of wheat plant height and growth rate in field plot trials using UAV based remote sensing**. Remote Sensing, 11(8), 1090. 2016.

IGUE, K. **Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo.** FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação verde no brasil. Campinas: Fundação cargill, 232-267. 1984.

ISAAC, W. A., GAO, Z., & LI, M. **Managing Commelina species: Prospects and limitations**. IntechOpen. 2013.

JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. **SISCOB-Software para análise de cobertura do solo. In: Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO-ConBAP, 2010, Ribeirão Preto. Anais. Ribeirão Preto: SBEA, 2010.

JUNIOR, J. S. Z., LAZZARINI, A. L., DE OLIVEIRA, A. A., RODRIGUES, L. A., DE MORAES SOUZA, I. I., ANDRIKOPOULOS, F. B., ... & da Costa, A. F. **Manejo agroecológico de pragas: alternativas para uma agricultura sustentável.** Revista Científica Intelletto, v. 3, n. 3, 2018.

KESHTKAR E., ABDOLSHAHI R, SASANFAR H, ZAND E, BEFFA R, DAYAN FE, KUDSK P. **Assessing Fitness Costs from a Herbicide-Resistance Management Perspective: A Review and Insight.** Weed Science. mar. 2019 v. 67, n. 2, p.137–148.

KOOCHEKI, A., NASSIRI, M., ALIMORADI, L., & GHORBANI, R. **Effect of cropping systems and crop rotations on weeds.** Agronomy for Sustainable Development**,** v. 29, n. 2, p. 401–408, 2009.

LACERDA, M. L., ASPIAZÚ, I., DE CARVALHO, A. J., DA SILVA, A. F., FERREIRA, E. A., DE SOUZA, A. A., CAMPOS, M. L. DE & BRITO, C. F. B. **Periods of weed interference in cowpea crop in the semi-arid of Minas Gerais, Brazil**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 15, n. 2, e6749, 2020.
LORENZI, H**. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. *(No Title)*. 2000.

LEMOS, J. P., GALVÃO, J. C. C., SILVA, A. A., FONTANETTI, A., CECON, P. R., & LEMOS, L. M. C. **Manejo de Bidens pilosa e Commelina benghalensis no cultivo de milho orgânico em sistema de plantio direto**. Planta Daninha, 31, 351-357. 2013.

LORI, M., SYMNACZIK, S., MÄDER, P., DE DEYN, G., & GATTINGER, A. **Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression**. Agriculture, Ecosystems & Environment*,* 236, 80-87. 2017.

LUIZ, A. R. M. **Simulação da germinação e emergência de Ipomoea grandifolia na cultura de soja, usando o modelo ecofisiológico LQSIM Emerge.** Dissertação. Universidade de Passo Fundo. Rio Grande do Sul. p. 72. 2006.

MARTINS, B. A. B., CHAMMA, H. M. C. P., DIAS, C. T. S., & CHRISTOFFOLETI, P. J. **Germination of Borreria densiflora var. latifolia under controlled conditions of light and temperature.** Planta Daninha, 28, 301-307. 2010.

MATHEUS, M. T., & LOPES, J. C. **Temperaturas cardinais para a germinação de sementes de Erythrina variegata L.** Revista Brasileira de Sementes, 31, 115-122. 2009.

MAYER, D. G.; BUTLER, D. G. Statistical validation. **Ecological Modelling**, v. 68, n. 1–2, p. 21–32, 1993.

MEIER, M. S., STOESSEL, F., JUNGBLUTH, N., JURASKE, R., SCHADER, C., & STOLZE, M. **Environmental impacts of organic and conventional agricultural products—Are the differences captured by life cycle assessment?** Journal of Environmental Management, 149, 193-208. 2015.

MONQUERO, P. A., CURY, J. C., & CHISTOFFOLETI, P. J. **Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de Commelina benghalensis, Ipomoea hederifolia, Richardia brasiliensis e Galinsoga parviflora**. Planta daninha, 23, 123-132. 2005.

NAIR, P. K. R. **Agroforestry systems and environmental quality: Introduction.** Journal of Environmental Quality, 40(3), 784-790. 2011.

NICHELATI, F. D., BOTTEGA, E. L., GUERRA, N., FIOREZE, S. L., DE OLIVEIRA NETO, A. M., & DE OLIVEIRA, Z. B. **Interferência de plantas daninhas na cultura da canola (Brassica napus L.)**. *Revista Ciência Agrícola*, *18*(1), 39-47. 2020.

OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J.M.; CAVALIERI, S.D.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; ROSO, A.C.; BIFFE, D.F. **Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja**. Planta Daninha, v. 24, n. 4, p. 721-732, 2006.

OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas.** Curitiba, Brasil: Omnipax. 48 p. 2011.

OLIVEIRA, A. D., & FREITAS, S. D. P. (2008). **Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar.** Planta daninha, v. 26, p. 33-46, 2008.

PACHECO, M. V., MATOS, V. P., FERREIRA, R. L. C., FELICIANO, A. L. P., & PINTO, K. M. S. **Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de Myracrodruon urundeuva Fr. All.(Anacardiaceae).** Revista Árvore, 30, 359-367. 2006.

PALMA-BAUTISTA, C., TAHMASEBI, B. K., FERNÁNDEZ-MORENO, P. T., ROJANO-DELGADO, A. M., ALCÁNTARA DE LA CRUZ, R., DE PRADO, R**. First case of Conyza canadensis from Hungary with multiple resistance to glyphosate and flazasulfuron**. Agronomy, 8(8), 157. 2018.

PASQUALETTO, A.; LEANDRO, W. M.; BATISTA, R. G. ; BERNON, N. ; SCHIRA, G. **Levantamento da flora emergente de plantas daninhas em sistemas de cobertura de solo**. Pesquisa Agropecuária Tropical (UFG), Goiânia, v. 29, n. 02, p. 127-134, 1999.

PANACHUKI, E., BERTOL, I., ALVES SOBRINHO, T., OLIVEIRA, P. T. S. D., & RODRIGUES, D. B. B. **Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do solo, v. 35, p. 1777-1786, 2011.

PEDRINHO JÚNIOR, A. F. F., BIANCO, S., & PITELLI, R. A. **Acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de Glycine max e Richardia brasiliensis.** Planta daninha, 22, 53-61. 2004.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. Cezar; ROSSELLO, R. D. **Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto**. ROSSELLO, RD Siembra directa en el cono sur. Montevideo: PROCISUR, p. 203-210, 2001.

POEPLAU, C., & DON, A. **Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops–A meta-analysis.** *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *200*, 33-41. 2015.

QUARANTA, G. **Agricultura de sequeiro**. Lucinda: Land Care in Desertification Affected Areas. 1999.

RAEVA, P. L., ŠEDINA, J., & DLESK, A. **Monitoring of crop fields using multispectral and thermal imagery from UAV.** European Journal of Remote Sensing, 52(sup1), 192-201. 2019.

REGANOLD, J. P., & WACHTER, J. M. **Organic agriculture in the twenty-first century.** Nature Plants, *2*(2), 15221. 2016.

RICCI, M.S.F.; VÍRGILIO FILHO, E.M.; COSTA, J.R. **Diversidade da comunidade de plantas invasoras em sistemas agroflorestais com café em Tuirrialba, Costa Rica**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.825-834, 2008.

RIZZARDI, M. A., LUIZ, A. R., ROMAN, E. S., & VARGAS, L. **Temperatura cardeal e potencial hídrico na germinação de sementes de corda-de-viola (Ipomoea triloba).** Planta Daninha, v. 27, p. 13-21, 2009.

SANTOS, F. C. D., ALBUQUERQUE FILHO, M. R. D., VILELA, L., FERREIRA, G. B., CARVALHO, M. D. C. S., & VIANA, J. H. M. **Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 38, 1855-1861. 2014.

SANTOS, H. G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 356p. 2018

SEUFERT, V., RAMANKUTTY, N., & FOLEY, J. A. **Comparing the yields of organic and conventional agriculture.** ***Nature****, 485*(7397), 229-232. 2012

SILVA, F. D., CAMPOS, A. D., CARAMELO, A. D., & MOREIRA, W. M. Q. **Avaliação de índices fitossociológicos de plantas daninhas em solos com três diferentes texturas na cultura da cana-de-açúcar.** Revista Fafibe On-Line, 10(1), 223-240. 2017.

TILMAN, D., CASSMAN, K. G., MATSON, P. A., NAYLOR, R., & POLASKY, S. **Agricultural sustainability and intensive production practices.** *Nature, 418*(6898), 671-677. 2002.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, C. J. **Eficácia do glyphosate em plantas de cobertura**. Planta Daninha, v. 24, n. 3, p. 475-480, 2006.

VARGAS, L. V., & GAZZIERO, D. L. P. **Manejo de buva resistente ao glifosato** (pp. 16p-16p). Passo Fundo: Embrapa Trigo. 2009.

VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. **Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. Agropecuaria cientifica no semiárido**, v. 8, n. 1, p. 1–6, 2012.

VAZ DE MELO, A., GALVÃO, J. C. C., FERREIRA, L. R., MIRANDA, G. V., TUFFI SANTOS, L. D., SANTOS, I. D., & Souza, L. D. **Dinâmica populacional de plantas daninhas em cultivo de milho-verde nos sistemas orgânico e tradicional**. Planta Daninha, 25, 521-527. 2007.

VIDAL, R. A., KALSING, A., GOULART, I. D. R., LAMEGO, F. P., & CHRISTOFFOLETI, P. J. **Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de Conyza bonariensis e Conyza canadensis resistentes ao glyphosate.** Planta daninha, 25, 309-315. 2007.

VIVIAN, R. S. A. A., SILVA, A. A., GIMENES Jr, M., Fagan, E. B., RUIZ, S. T., & LABONIA, V. **Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência: breve revisão.** Planta daninha, *26*, 695-706. 2008.

WERLE, R. et al. **Predicting Emergence of 23 Summer Annual Weed Species.** Weed Science, v. 62, n. 2, p. 267–279, 2014.

WOLSCHICK, N. H., BARBOSA, F. T., BERTOL, I., DOS SANTOS, K. F., DE SOUZA WERNER, R., & BAGIO, B. **Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura.** Revista de Ciências Agroveterinárias, 15(2), 134-143. 2016.

ZANDONÁ, R. R., AGOSTINETTO, D., & RUCHEL, Q. **Modelagem matemática do fluxo de emergência de plantas daninhas: ferramenta para decisão no manejo de** cultivos. Revista Brasileira de Herbicidas, v. 17, n. 1, p. 3-11, 2018.

ZHANG, C., & KOVACS, J. M. **The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review**. Precision Agriculture*, 13*(6), 693-712. 2012.