



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS



GABRIELLI MONZANI DE LIMA

**ATIVIDADE FITOTÓXICA E ANÁLISE TOXICOLÓGICA DE PIPLARTINA -
APLICAÇÃO EM PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS**

Dissertação de Mestrado

PATO BRANCO
2022

GABRIELLI MONZANI DE LIMA

**ATIVIDADE FITOTÓXICA E ANÁLISE TOXICOLÓGICA DE PIPLARTINA -
APLICAÇÃO EM PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS**

**Evaluation of piplartine cytotoxic and phytotoxic activity - application in
biotechnological processes**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito para obtenção do título de “Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos”

Professor Orientador: Dr^a. Sirlei Dias Teixeira
Professores Orientadores: Dr^a. Lydia Fumiko Yamaguchi e Michelangelo Muzell Trezzi

PATO BRANCO
2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



GABRIELLI MONZANI DE LIMA

ATIVIDADE FITOTÓXICA E ANÁLISE TOXICOLÓGICA DE PIPLARTINA - APLICAÇÃO EM PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos.

Data de aprovação: 18 de Fevereiro de 2022

Prof.a Sirlei Dias Teixeira, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Michelangelo Muzell Trezzi, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Michelle Fernanda Faita Rodrigues, Doutorado - Luese Óleos Essenciais

Prof.a Raquel Dalla Costa Da Rocha, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 18/02/2022.

Dedico à minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pelo dom da vida e sabedoria, além de estar ao meu lado em todos os momentos principalmente nos mais difíceis.

A toda a minha família, minha mãe Simone, meu pai José Donizetti e meu irmão Gustavo por sempre estarem ao meu lado, me apoiando e incentivando em todos os momentos. Auxiliando-me nesta caminhada oferecendo todo o suporte necessário para que mais uma etapa seja finalizada e conquistada. Minha eterna gratidão por esses momentos.

Aos meus amigos que me acompanharam nesta caminhada. Principalmente a Tamires Pereira Rosa, que está nesta caminhada desde o início, dia a dia, compartilhando as alegrias e frustrações no decorrer desta longa caminhada.

A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Sirlei Dias Teixeira, por todo apoio, suporte, dedicação e ensinamentos oferecidos desde a graduação. Obrigada pela paciência e todo de suporte, me auxiliando em todos os momentos de dificuldade. Minha eterna gratidão por tudo.

Ao Departamento de Agronomia da UTFPR-PB, em especial ao Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi pelo suporte do andamento deste trabalho. E a Prof^a. Dr^a. Lydia Fumiko Yamaguchi pela disponibilidade de substância e suporte no andamento deste trabalho. E a Prof^a. Dr^a Raquel Dalla Costa da Rocha pelos conhecimentos oferecidos.

A UTFPR câmpus Pato Branco pela disponibilização dos laboratórios. Este presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

E a todos que de certo modo contribuíram para minha formação.

Muito obrigada!

RESUMO

LIMA, Gabrielli Monzani de. Atividade fitotóxica e análise toxicológica de piplartina - aplicação em processos biotecnológicos. 2022. 119 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) -Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 2022.

A alelopatia é um tipo de interferência de um organismo sobre outro, por meio de liberação de aleloquímicos para o meio ambiente. Este efeito pode beneficiar ou prejudicar direta ou indiretamente outros seres vivos. Os aleloquímicos vêm sendo estudados como novas alternativas de bioherbicidas, para controle de plantas daninhas. A descoberta de novos herbicidas é essencial, em função do grande incremento das infestações de plantas daninhas nas últimas décadas e da resistência das plantas daninhas aos agroquímicos convencionais. A piplartina é uma amida isolada da *Piper tuberculatum* (família Piperaceae). Embora existam estudos com extratos de plantas em cuja composição está presente a piplartina, a avaliação do potencial alelopático da substância pura ainda não foi realizada. Os objetivos do presente estudo foram avaliar a fitotoxicidade da piplartina para espécies daninhas, bem como realizar análise toxicológica dessa substância. O potencial fitotóxico foi determinado por meio da aplicação em pré e pós-emergência das espécies *Eragrostis plana* Nees e *Bidens pilosa*. O potencial toxicológico da piplartina, foi determinado pela letalidade de *Artemia salina*. No estudo de fitotoxicidade foi constada boa capacidade de controle das espécies *Eragrostis plana* Nees e *Bidens pilosa* em aplicação em pré-emergência, destacando-se as concentrações de 3000 e 4000 ppm pela elevada mortalidade de plântulas e redução do comprimento da parte aérea. No estudo toxicológico, a piplartina apresentou toxicidade para *A. salina* em concentração superior a 19,4 ppm.

Palavras chaves: Alelopatia, *Piper tuberculatum*, bioherbicida, teste de emergência

ABSTRACT

LIMA, Gabrielli Monzani de. Evaluation of piplartine cytotoxic and phytotoxic activity - application in biotechnological processes. 2022. 119 p. Dissertation (Master in Technology of Chemical and Biochemical Processes) -Federal Technological University 2022.

Allelopathy is a chemically mediated interaction of one organism on another, through the release of allelochemicals to the environment. This direct effect can be beneficial or harmful for other living organisms. Allelochemicals have been studied as new alternatives for bioherbicides to control weeds. The discovery of new herbicides is essential, due to the great increase of its infestations and the increasing resistance of modern weeds to agrochemicals. Piplartine is an amide isolated from *Piper tuberculatum* (family Piperaceae) and its potential as allelopathic activity has not yet been carried out. The objectives of the presented study are to evaluate the phytotoxicity of piplartine to weedy species, as well as to evaluate the toxicity of this compounds for other organisms. The phytotoxic potential was determined by pre- and post-emergence application of the species *Eragrostis plana* Nees and *Bidens pilosa*. The toxic potential of piplartine was determined by the lethality of *Artemia salina*. Piplartine was not toxic in low concentrations for *Eragrostis plana* Nees and *Bidens pilosa* in pre-emergence application, in higher concentrations (3000 and 4000 ppm) piplartine caused plant mortality and reduced shoot length. In the toxicological study, piplartine showed toxicity to *A. salina* at concentrations above 19.4 ppm.

Key words: Allelopathy, *Piper tuberculatum*, bioherbicide, emergence test

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mecanismo de liberação de substâncias aleloquímicas.....	21
Figura 2 – Galho, folhas, fruto e flor da planta <i>P. turbeculatum</i>	23
Figura 3 – Estrutura química da Piplartina	26
Figura 4 – Galho, folhas, inflorescência em forma de capítulo e frutos da planta <i>Bidens pilosa</i> (picão preto).....	30
Figura 5 – Folhas da planta <i>Eragrostis plana</i> Nees.....	32
Figura 6 – Fluxograma da metodologia.....	34
Figura 7 – Sequência do crescimento das plântulas com aumento da concentração na aplicação em pré-emergência de piplartina em <i>E. plana</i> Nees.	48
Figura 8 – Sequência do desenvolvimento das plântulas com o aumento da concentração na aplicação em pré-emergência de piplartina em <i>E. plana</i> Nees no a) 7º dia e b) 28º dia	52
Figura 9 – Plântulas da espécie <i>E. plana</i> Nees, com presença de perfilhos.	55
Figura 10 – Sistemas radiculares da espécie <i>E. plana</i> Nees na concentração 0 ppm no teste de pré-emergência.....	60
Figura 11 – Sequência do crescimento das plântulas com aumento da concentração em pós-emergência para <i>E. plana</i> Nees.	65
Figura 12 – Sequência do desenvolvimento das plântulas com o aumento da concentração na aplicação em pós-emergência de piplartina em <i>E. plana</i> Nees no 28º dia.	68
Figura 13 – Plântulas de <i>E. plana</i> Nees e surgimento de folhas amareladas (consideradas como anormais).	69
Figura 14 – Inflorescências tipo panícula da espécie <i>E. plana</i> Nees durante o experimento de pós-emergência	71
Figura 15 – Sequência do crescimento das plântulas com aumento da concentração no teste de pré-emergência da espécie <i>B. pilosa</i>	82
Figura 16 – Sequência do desenvolvimento das plântulas com o aumento da concentração na aplicação de piplartina em pré-emergência de <i>B. pilosa</i> no a) 7º dia e b) 28º dia	85
Figura 17 – Sequência do crescimento das plântulas com aumento da concentração na aplicação de piplartina em pós-emergência em <i>B. pilosa</i>	94

Figura 18 – Sequência do desenvolvimento das plântulas com o aumento da concentração na aplicação de piplartina em pós-emergência em <i>B. pilosa</i> no 28º dia	97
Figura 19 – Flores da espécie <i>B. pilosa</i> durante o experimento de pós-emergência: a) flores abertas; b) flores fechadas.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Amidas presentes em espécies de <i>Piper</i>	24
Tabela 2 – Escala de Frans (1986)	38
Tabela 3 – Valores médios obtidos para TME, PE e IVE para <i>E. plana</i> Nees na aplicação em pré-emergência de piplartina.....	41
Tabela 4 – Somatórias e médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>E. plana</i> Nees na aplicação em pré-emergência de piplartina.	45
Tabela 5 – Teste de Tukey para as médias dos comprimentos das partes aéreas de <i>E. plana</i> Nees na aplicação em pré-emergência de piplartina.	48
Tabela 6 –Somatória e teste de Tukey para média dos sistemas radiculares da <i>E. plana</i> Nees na aplicação em pré-emergência de piplartina.....	49
Tabela 7 – Avaliação fitotóxica pela escala Frans na aplicação em pré-emergência de piplartina em <i>E. plana</i> Nees.	51
Tabela 8 – Somatória e médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>E. plana</i> Nees na aplicação em pós-emergência de piplartina.....	61
Tabela 9 – Teste de Tukey para as médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>E. plana</i> Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	64
Tabela 10 – Somatória e teste de Tukey da média dos comprimentos dos sistemas radiculares da <i>E. plana</i> Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.	65
Tabela 11 – Avaliação fitotóxica pela escala Frans, na aplicação em pós-emergência de piplartina em <i>E. plana</i> Nees.	67
Tabela 12 – Médias obtidas para TME, PE e IVE para <i>B. pilosa</i> na aplicação em pré-emergência de piplartina.	76
Tabela 13 – Comprimentos e médias dos comprimentos das partes aéreas para <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	79
Tabela 14 – Teste de Tukey para as médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	81
Tabela 15 – Somatória e teste de Tukey das médias dos comprimentos do sistema radicular da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	82
Tabela 16 – Avaliação fitotóxico pela escala Frans para <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	83

Tabela 17 – Comprimentos e médias das partes aéreas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.	91
Tabela 18 – Teste de Tukey para as médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.	93
Tabela 19 – Comprimentos e teste de Tukey das médias do sistema radicular de <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.	94
Tabela 20 – Média dos valores da avaliação fitotóxica pela escala Frans para <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.	95
Tabela 21 – Média das porcentagens de mortalidade de <i>A. salinas</i> com aplicação de piplartina.	104

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Intervalo de confiança para média da variável TME para <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	41
Gráfico 2 – Intervalo de confiança para média da variável PE para <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	42
Gráfico 3 – Intervalo de confiança para a média da variável IVE para <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	43
Gráfico 4 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré- emergência.	46
Gráfico 5 – Intervalo de confiança das médias dos comprimentos da parte aérea da <i>E. plana Nees</i> em função das variáveis tempo e concentrações na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	47
Gráfico 6 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos dos sistemas radiculares da <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	49
Gráfico 7 – Médias dos valores da avaliação fitotóxica pela escala de Frans na aplicação de piplartina em teste pré-emergência de <i>E. plana Nees</i>	51
Gráfico 8 – Porcentagens de plântulas normais, anormais e mortas da <i>E. plana Nees</i> na aplicação em de piplartina pré-emergência.....	53
Gráfico 9 - Somatória do número de folhas e perfilhos da <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	56
Gráfico 10 – Intervalo de confiança para a média do número de folhas da <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	56
Gráfico 11 – Intervalo de confiança para a média do número de perfilhos da <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	57
Gráfico 12 – Somatória das matérias úmida e seca das partes aéreas da <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	59
Gráfico 13 – Somatória das matérias úmida e seca do sistema radicular da <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	59
Gráfico 14 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>E. plana Nees</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	62

Gráfico 15 – Intervalo de confiança das médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>E. plana</i> Nees em função das variáveis tempo e concentração, na aplicação de piplartina em pós-emergência	63
Gráfico 16 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos dos sistemas radiculares da <i>E. plana</i> Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.	66
Gráfico 17 – Médias dos valores da avaliação fitotóxica pela escala de Frans na aplicação de piplartina em pós-emergência de <i>E. plana</i> Nees.....	67
Gráfico 18 – Gráfico das porcentagens de plântulas normais e anormais da <i>E. plana</i> Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	69
Gráfico 19 – Somatória do número de folhas, perfilhos e inflorescências de <i>E. plana</i> Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	70
Gráfico 20 – Intervalo de confiança para as médias dos números de folhas de <i>E. plana</i> Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	72
Gráfico 21 – Intervalo de confiança para média do número de perfilhos da <i>E. plana</i> Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	73
Gráfico 22 – Somatória das matérias úmida e seca da parte aérea de <i>E. plana</i> Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.	74
Gráfico 23 – Somatória das matérias úmida e seca dos sistemas radiculares de <i>E. plana</i> Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	75
Gráfico 24 – Gráfico do intervalo de confiança para a média da variável TME para <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	77
Gráfico 25 – Intervalo de confiança para a média da variável PE para <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	78
Gráfico 26 – Intervalo de confiança para a média da variável IVE para <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	78
Gráfico 27 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	80
Gráfico 28 – Intervalo de confiança das médias dos comprimentos das partes aéreas de <i>B. pilosa</i> em função das variáveis tempo e concentração, na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	81
Gráfico 29 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos dos sistemas radiculares da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	83

Gráfico 30 – Médias dos valores da avaliação fitotóxica pela escala Frans para <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	84
Gráfico 31 – Porcentagens de plântulas normais, anormais e mortas de <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	86
Gráfico 32 –Somatória do número de folhas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.	87
Gráfico 33 – Intervalo de confiança para a média do número de folhas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	88
Gráfico 34 – Somatória das matérias úmida e seca das partes aéreas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	89
Gráfico 35 – Somatória das matérias úmida e seca do sistema radicular da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	90
Gráfico 36 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	92
Gráfico 37 – Intervalo de confiança das médias dos comprimentos das partes aéreas da <i>B. pilosa</i> em função das variáveis tempo e concentração na aplicação de piplartina em pré-emergência.....	93
Gráfico 38 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos do sistema radiculares de <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.	95
Gráfico 39 –Médias dos valores da avaliação fitotóxica pela escala de Frans para <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	96
Gráfico 40 – Porcentagens de plântulas normais e anormais de <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.	98
Gráfico 41 – Somatória do número de folhas e flores da <i>B. pilosa</i> na aplicação em de piplartina pós-emergência.	99
Gráfico 42 –Intervalo de confiança para as médias dos números de folhas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.....	99
Gráfico 43 – Intervalo de confiança para as médias do número de flores de <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.	100
Gráfico 44 – Somatória das matérias úmida e seca das partes aéreas da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.	102
Gráfico 45 – Somatória das matérias úmida e seca do sistema radicular da <i>B. pilosa</i> na aplicação de piplartina em pós-emergência.	103

Gráfico 46 – Percentagens de mortalidade dos indivíduos de <i>A. salina</i> com aplicação de piplartina.....	104
--	-----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 Fundamentos e aplicação da alelopatia	20
3.2 Características da família Piperaceae e potencial de uso	22
3.2.1 Características e utilização de <i>Piper tuberculatum</i>	22
3.2.2 Características, propriedades e potencial de uso da piplartina	26
3.3 A PROBLEMÁTICA DE PLANTAS DANINHAS E O POTENCIAL DA ALELOPATIA	28
3.3.1 Características de <i>Bidens pilosa</i> (Picão preto)	30
3.3.2 Características de <i>Eragrostis plana</i> Nees (Capim annoni-2)	32
4. MÉTODOS	34
4.1 Assepsia das espécies receptoras	35
4.2 Preparo das soluções	35
4.3 Potencial Fitotóxico	36
4.3.1 Condições experimentais	36
4.3.1 Pré-Emergência	37
4.3.2 Pós-Emergência	38
4.3.3 Plântulas normais, plântulas anormais e plântulas mortas	38
4.4 Análise toxicológica	39
4.4.1 Letalidade sobre <i>Artemia salina</i>	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Potencial Fitotóxico	41
5.1.1 <i>Eragrostis plana</i> (Capim annoni-2)	41
5.1.1.1 Pré emergência	41
5.1.1.1.1 Índice de emergências	41
5.1.1.1.2 Comprimento da parte aérea	45
5.1.1.1.3 Comprimento do sistema radicular	49
5.1.1.1.4 Fitotoxicidade	51
5.1.1.1.5 Porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas	53

5.1.1.1.6 Número de Folhas e perfilhos	55
5.1.1.1.7 Matéria úmida e matéria seca	58
5.1.1.2 Pós emergência	61
5.1.1.2.1 Comprimento da Parte aérea	61
5.1.1.2.2 Comprimento do sistema radicular	65
5.1.1.2.3 Fitotoxicidade	67
5.1.1.2.4 Porcentagem de plântulas normais e anormais	68
5.1.1.2.5 Número de folhas, perfilhos e inflorescências	70
5.1.1.2.6 Matéria úmida e seca	74
5.1.2 <i>Bidens pilosa</i> (Picão preto)	76
5.1.2.1 Pré emergência	76
5.1.2.1.1 Índice de emergências	76
5.1.2.1.2 Parte aérea	79
5.1.2.1.3 Comprimento do sistema radicular	82
5.1.2.1.4 Fitotoxicidade	83
5.1.2.1.5 Porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas	86
5.1.2.1.6 Número de folhas	87
5.1.2.1.7 Matéria úmida e seca	89
5.1.2.2 Pós emergência	91
5.1.2.2.1 Comprimento da parte aérea	91
5.1.2.2.2 Comprimento do sistema radicular	94
5.1.2.2.3 Fitotoxicidade	95
5.1.2.2.4 Porcentagem de plântulas normais e anormais	97
5.1.2.2.5 Número de Folhas e flores	98
5.1.2.2.6 Matéria úmida e seca	102
5.2 Análise Toxicológica	103
5.2.1 Letalidade sobre <i>Artemia salina</i>	103
6 CONCLUSÃO	106

1 INTRODUÇÃO

Alelopatia é um fenômeno no qual os organismos produzem aleloquímicos que são liberados para o meio ambiente, beneficiando ou prejudicando direta ou indiretamente outros seres vivos. Eles podem influenciar no crescimento, desenvolvimento e/ou reprodução. Assim, podem atuar como herbicidas, inseticidas, reguladores de crescimento e proteger contra culturas microbianas (CHENG; CHENG, 2015; CHUNG et al., 2018; KALISZ; KIVLIN; BIALIC-MURPHY, 2020).

A Piplartina é uma amida, encontrada em *Piper tuberculatum* Jack, que vem ganhando reconhecimento, devido às suas diversas propriedades. Dentre essas, a mais estudada é o potencial antitumoral, com resultados promissores (BEZERRA et al., 2006, 2007). Há relatos sobre o potencial alelopático de extratos de plantas contendo piplartina (SANTOS et al., 2013; LEI et al., 2015; AMRITA KUMARI, 2018), entretanto, há ausência de estudos desse potencial aplicado em plantas daninhas.

As espécies de plantas daninhas *Bidens pilosa* e *Eragrostis plana* Nees, são temidas pelos agricultores em função de sua competitividade principalmente relacionada à luz, água, nutrientes do solo, oxigênio e outros fatores essenciais que podem interferir negativamente em plantas cultivadas (SOUZA; ALVES, 2000; KARAM, 2007). Quando as plantas daninhas possuem altas taxas de crescimento e proliferação, elas são favorecidas nessa disputa, demandando o seu controle. Mas o domínio dessas plantas é complexo, em função das distintas características biológicas entre as diferentes espécies daninhas, da diversidade de métodos para o seu manejo e dos fatores que influenciam a sua eficiência. A aplicação de herbicidas é o principal método de controle de plantas daninhas utilizado pelos agricultores. Entretanto, são poucos os herbicidas capazes de controlar as plantas daninhas.

Algumas espécies daninhas, como, *E. heterophylla* e *B. pilosa* vêm apresentando resistências a herbicidas (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Da mesma forma, o capimannoni-2 (*E. plana* Nees), tem se caracterizado como uma planta invasora de difícil controle (COELHO, 1986). Herbicidas são eficientes, porém podem prejudicar o meio ambiente e serem tóxicos aos animais e humanos, e em alguns casos, a planta cultivada. Nesse contexto, encontrar uma solução mais eficiente e sustentável para o controle de espécies daninhas, é de extrema importância.

Este trabalho visa avaliar as possíveis atividades da piplartina, considerando tanto o potencial fitotóxico, em plantas alvos como de *E. heterophylla*, *B. pilosa* e *E.*

piana Nees, como também avaliar o potencial toxicológico, utilizando o modelo de letalidade em *A. salina*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito alelopático da piplartina, obtida a partir de *P. tuberculatum* sobre espécies daninhas, e a toxicidade sobre o microcrustáceo *A. salina*.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a capacidade fitotóxica da substância Piplartina, por meio de avaliação em pré e pós-emergência sobre as espécies daninhas, *E heterophylla*, *B. pilosa* e *E. plana* Nees;
- Determinar a toxicidade da Piplartina por meio de observação da letalidade sobre *A. salina*;
- Analisar os resultados utilizando tratamento estatísticos adequados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Fundamentos e aplicação da alelopatia

Alelopatia tem origem grega que significa *allelon* = um para outro e *pathós* = sofrer, sendo assim definida por MOLISCH, em 1937. Entretanto, Molisch preocupou-se apenas com os efeitos do etileno, hormônio vegetal, não considerando demais agentes de interação vegetal. Com foco na atividade inibitória, assim negligenciando os efeitos estimuladores. Em 1986, o subcomitê de Fisiologia Ambiental da Divisão de Biologia e Agricultura do IBP (Programa Biológico Internacional), recomendou a utilização de um termo mais global para incluir também os efeitos estimuladores, sendo chamados de aleloquímicos. RICE (1984), redefiniu o termo alelopatia como sendo, “qualquer efeito benéfico ou prejudicial, indireto ou direto, de um ser vivo (microrganismos e plantas) sobre outros, por meio de produção de compostos químicos liberados para o meio ambiente” (WILLIS, 2007; INDERJIT et al., 2011; CHENG; CHENG, 2015; CHUNG et al., 2018; ZHIJIE ZHANG et al., 2020).

Os aleloquímicos podem interferir no crescimento de plantas ou transformar as substâncias dos solos (RICE, 1984; INDERJIT et al., 2011; KONG et al., 2019). Além de poderem desempenhar papel importante no meio ambiente, por exemplo: na mobilidade dentro do solo devido à solubilidade em água dos compostos; na afinidade com a superfície do solo devido à estrutura química e impactar na volatilização das substâncias por causa da pressão de vapor (SOUZA FILHO; ALVES, 2002; TREZZI et al., 2016).

Substâncias alelopáticas podem apresentar efeitos estimuladores, neutros ou inibidores sobre germinação e/ou crescimento de plantas (RICE, 1984; INDERJIT et al., 2011; KONG et al., 2019). Há relatos que essas substâncias liberadas por plantas, podem ter a capacidade de inibir as bactérias nitrificantes e, assim contribuir para o equilíbrio entre amônio e nitrato, no solo (WILLIS, 2007). Nesse contexto, a alelopatia, vem sendo usada para auxiliar no controle de plantas invasoras.

As condições bióticas e abióticas podem influenciar a germinação e o desenvolvimento das plantas. Algumas plantas e microrganismos podem produzir aleloquímicos, que interferem em um desses fatores ou podem ser beneficiados ou prejudicados por essas substâncias (EINHELLIG, 1996). Na ecologia, a alelopatia é utilizada para explicar como as espécies invasoras prejudicam as espécies nativas ou de interesse (HIERRO; CALLAWAY, 2003). São utilizados principalmente extratos de

plantas com potencial alelopático para realização desses estudos, analisando-se a influência na germinação das sementes e crescimento das plantas. Esses extratos podem reduzir a quantidade de clorofila das plantas, ou apresentar outro efeito que indique outro mecanismo de ação (INDERJIT; DAKSHINI, 1990; PUTNAM, 2018; MING et al., 2020).

Alelopatia vegetal pode causar efeitos positivos ou negativos para as próprias plantas. Dentre os efeitos positivos destaca-se o controle de pragas, favorecendo o próprio desenvolvimento, manejo agrícola ou proteção da cultura. E nos efeitos negativos a autotoxicidade ou doenças no solo, como deficiência de nutrientes (CHENG; CHENG, 2015). As plantas com potencial alelopático liberam os aleloquímicos para o ambiente de diversas formas, sendo as principais por: volatilização, lixiviação, decomposição de resíduos e exsudação radicular, representados na Figura 1 (BLUM, 2004; VILHENA et al., 2014; ZHIJIE ZHANG et al., 2020; KATO-NOGUCHI; KURNIADIE, 2021).

Figura 1 – Mecanismo de liberação de substâncias aleloquímicas



Fonte: SÁNCHEZ (2002)

Os aleloquímicos apresentam potencial para serem utilizados ou para servirem como bases para as descobertas de novos herbicidas, inseticidas e nematicidas. Essas substâncias provenientes do metabolismo secundário, podem atuar contra microrganismos, predadores, patógenos, insetos e vírus, ou até auxiliar ou inibir o crescimento das plantas. Entretanto, apesar de diversos estudos com aleloquímicos,

há poucos herbicidas no mercado derivados dessas substâncias (INDERJIT, K. M. M. DAKSHINI, 1999; CHENG; CHENG, 2015; OOKA; OWENS, 2018; CAMPOS; PECO; GARCÍA-NOGUERO, 2019; FAROOQ et al., 2020; GERHARDS; SCHAPPERT, 2020).

3.2 Características da família Piperaceae e potencial de uso

A ordem Piperales abrangem cinco famílias, sendo elas: Hydnoraceae, Lactoridaceae, Aristolochiaceae, Saururaceae e Piperaceae. Na família Piperaceae existem duas subfamílias: Peperomioideae e Piperioideae (RUSCHEL, 2004). As plantas da família Piperaceae são ervas eretas ou escandentes, arbustos ou pequenas árvores, terrestres ou epífitas (PARMAR et al., 1997; GUIMARÃES; DA SILVA GIORDANO, 2004). E são encontradas principalmente nas regiões dos trópicos da América Latina e da Ásia (YUNCKER, 1958).

Essa família apresenta cerca de 3700 espécies pertencentes a 5 gêneros, sendo que as mais conhecidas são do gênero *Piper* e *Peperomia*. No gênero *Piper* existem cerca de 2000 espécies (JARAMILLO; MANOS; ZIMMER, 2004; SIMÕES, 2009; CHRISTENHUSZ; BYNG, 2016).

A palavra *Piper* tem origem do grego *peperi*, que se originou do árabe *babary* pimenta-do-reino (RUSCHEL, 2004). Esse gênero apresenta alto valor medicinal, econômico e comercial. Neste trabalho será estudado a substância piplartina, metabólito isolado da planta *P. tuberculatum*, apresentado na subseção a seguir.

3.2.1 Características e utilização de *Piper tuberculatum*

P. tuberculatum, representada na Figura 2, é conhecida como pimenta comprida, pimenta d'arda, pimenta-longa ou pimenta-de-macaco (BRAGA, 1960; GUIMARÃES; DA SILVA GIORDANO, 2004; CASTRO, 2007; SILVA et al., 2016; DE SOUZA OLIVEIRA et al., 2018). As plantas de *P. tuberculatum* geralmente são arbustos com cerca de 2-2,5 m de altura e largura de 3,6-12,2 m. Desenvolvem-se em altitudes de aproximadamente 550 m, em encostas úmidas. Presentes nos continentes Americano e Antilhas, no Brasil são encontradas nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro e Mato Grosso (GUIMARÃES; DA SILVA GIORDANO, 2004).

Figura 2 – Galho, folhas, fruto e flor da planta *P. tuberculatum*

Fonte: COTINGUIBA et al. (2018)

Essa espécie apresenta características fitoterápicas, atividades biológicas, antitumorais, anti-inflamatória, antimicrobiana, anti-helmíntica, antiparasitárias e efeitos citotóxicos, podendo dessa forma, ser utilizada como planta medicinal. Empregada também como sedativo e soro antiofídico e utilizada para tratamentos de doenças respiratórias e digestivas (BRAGA, 1960; SIMÕES, 2009; SILVA et al., 2016; DOS SANTOS SALES et al., 2017; DE SOUZA OLIVEIRA et al., 2018; SANTOS et al., 2021). Todos esses efeitos relatados estão relacionados direta ou indiretamente à presença dos metabólitos secundários voláteis e não voláteis produzidos por essa planta.

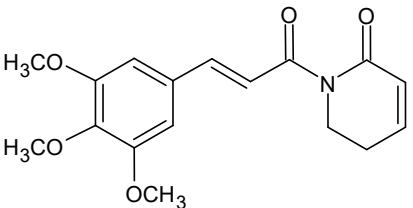
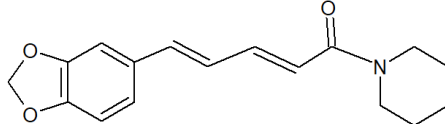
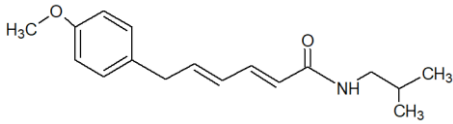
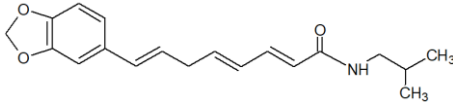
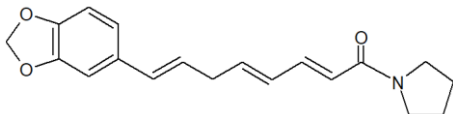
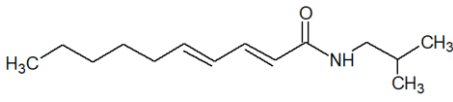
Os metabólitos secundários são substâncias liberadas por plantas com a finalidade de defesa contra predadores, patógenos e microrganismos, de atuar na atração de polinizadores, de proteger a planta de radiação ultravioleta, absorvendo-a, além de diversas outras finalidades (NOGUEIRA, 2019). As defesas químicas das plantas, segundo diversos estudos, estão associadas geralmente às amidas liberadas pelas mesmas, que podem apresentar atividades biológicas como inseticidas ou repelentes para diversas espécies de insetos (POHLIT et al., 2004; NAVICKIENE et al., 2007; RAMOS; VANIN; KATO, 2008; RAMOS; KATO, 2009, 2013; SIMÕES, 2009; RAMOS et al., 2020).

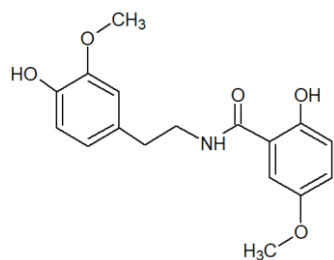
As substâncias da *P. tuberculatum* apresentam potencial como controladores de pragas e atividade antifúngica. Os extratos de sementes, folhas e caule dessa espécie podem provocar a mortalidade de pragas, ou seja, apresentam potencial inseticida (SCOTT et al., 2005; DEBONSI NAVICKIENE et al., 2006; CASTRO, 2007). Diversos

estudos, por exemplo SCOTT et al. (2005), SCOTT et al. (2002) e NAVICKIENE et al. (2007), apontam altas taxas de mortalidades de insetos e larvas de mosquitos.

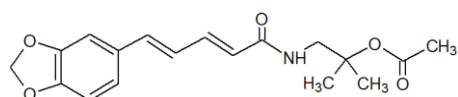
Diversas espécies de *Piper* sintetizam amidas, sendo algumas representadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Amidas presentes em espécies de *Piper*

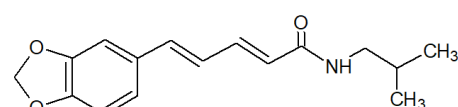
Estrutura bidimensional	Ocorrência	Referência
 <p>Piplartina</p>	<p><i>P. tuberculatum</i> Jacq; <i>P. chaba</i> Hunt; <i>P. cenocladum</i> C.DC</p>	<p>(DODSON et al., 2000; CÍCERO BEZERRA FELIPE et al., 2007; JYOTHI et al., 2009; VIEIRA et al., 2018; MENGARDA et al., 2020)</p>
 <p>Piperina</p>	<p><i>P. nigrum</i> L; <i>P. longum</i> L.</p>	<p>(SHENOY et al., 2013; ZARAI et al., 2013; RATHOD; RATHOD, 2014; KHAWAS et al., 2017; VÁZQUEZ-MARTÍNEZ et al., 2020)</p>
 <p>Piperovatina</p>	<p><i>P. scutifolium</i> Yunck; <i>P. corcovadensis</i> (Miq.) C.DC; <i>P. piscatorum</i> Trel. & Yunck; <i>P. corcovadensis</i> (Miq.) C.DC</p>	<p>(MARQUES, 2009; DA SILVA et al., 2016; SUZUKI; YAMATO, 2018)</p>
 <p>Piperetina</p>	<p><i>P. nigrum</i> L; <i>P. arboreum</i> Aubl;</p>	<p>(KANAKI et al., 2008; LEAL et al., 2013; MARTHA PEREZ GUTIERREZ; MARIA NEIRA GONZALEZ; HOYO-VADILLO, 2013; NASCIMENTO et al., 2015)</p>
 <p>Sarmentosina</p>	<p><i>P. nigrum</i> L; <i>P. sintenense</i> Hatus; <i>P. sarmentosum</i> Roxb</p>	<p>(CHEN et al., 2002; RUKACHAISIRIKUL et al., 2004; SARI; BARE, 2020)</p>
 <p>Pelitorina</p>	<p><i>P. tuberculatum</i> Jacq; <i>P. sarmentosum</i> Roxb <i>P. longum</i> L; <i>P. cubeba</i> L</p>	<p>(BARI et al., 1990; DAS; KASHINATHAM; MADHUSUDHAN, 1998; RUKACHAISIRIKUL et al., 2004; BODIWALA et al., 2007; MARQUES, 2009)</p>
	<p><i>P. aduncum</i> L</p>	<p>(ORJALA et al., 1993)</p>



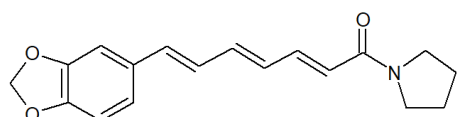
Aduncamida



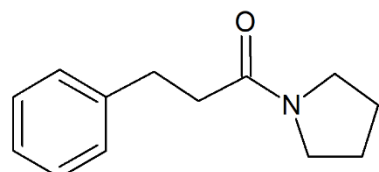
Corcovadina



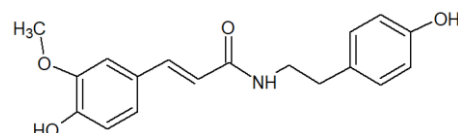
Piperlonguminina



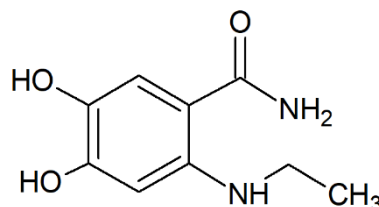
(2E,4E,6E)-7-(benzo[1,3]dioxol-5-yl)-1-(pirrolidin-1-yl)hepta-2,4,6-trien-1-ona



N-(3-fenilpropanoil)pirrol



N-feruloiltiramina



2-(etilamino)-4,5-dihidroxibenzamida

P. scutifolium

(MARQUES et al., 2007)

P. scutifolium Yunck;
P. corcovadensis
 (Miq.) C.DC;
P. longum L;
P. nigrum L;
P. retrofractum Vahl

(CHATTERJEE; DUTTA,
 1967; MARQUES, 2009; BAO
 et al., 2014; WANG et al.,
 2016)

P. sarmentosum
 Roxb
P. trichostachyon
 (Miq.) C.DC

(SINGH et al., 1974;
 RUKACHAISIRIKUL et al.,
 2004)

P. sarmentosum
 Roxb

(LIKHITWITAYAWUID et al.,
 1987)

P. argyrophyllum
 Miq;
P. hispidum Kunth;
P. lolot C.DC

(SINGH et al., 1996;
 FRIEDRICH et al., 2005; LI et
 al., 2007)

P. nigrum L

(PRADHAN; VARIYAR;
 BANDEKAR, 1999;
 CHATTERJEE et al., 2007)

Fonte: Autoria própria

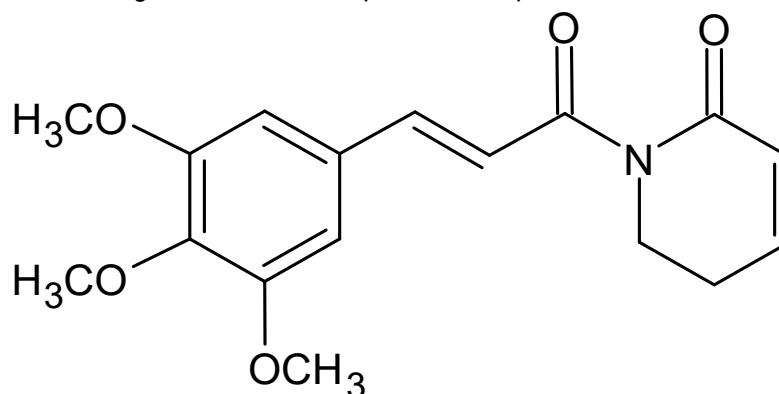
A maioria das espécies de *Piper* possuem amidas com características de redução de crescimento de plantas, atividade inseticida e antifúngica. Alguns estudos apontam atividade contra *Cladosporium sphaerospermum* e *C. cladosporioides*

(ALÉCIO et al., 1998; NAVICKIENE et al., 2000, 2007; SILVA et al., 2002; LAGO et al., 2004).

3.2.2 Características, propriedades e potencial de uso da piplartina

A piplartina, representada na Figura 3, conhecida também como piperlongumina é uma amida alcaloídica, encontrado em raízes e caules de espécies de *Piper*. Ela foi isolada em 1961 e sua estrutura determinada em 1984. A piplartina tem como estrutura química: 5,6-di-hidro-1 - [(2E)-1-oxo-3-(3,4,5-trimetoxifenil)-2-propenil]-2(1H)-piridinona (BOLL et al., 1984; BEZERRA et al., 2006, 2007, 2009, 2013; DE MORAES et al., 2013; PISKA et al., 2018; DE ALCÂNTARA-CONTESSOTO et al., 2019).

Figura 3 – Estrutura química da Piplartina



Fonte: Autoria própria, 2020

Apesar de ter sido isolada há mais de 50 anos, apenas na última década as suas diversas propriedades biológicas vêm sendo descobertas e estudadas. Dentre essas propriedades se destacam as utilizadas na medicina tradicional e na ayurvédica (medicina indiana), a atividade citotóxica, antitumoral, genotóxica, antimetastático, antiangiogênica, ansiolítico, antidepressivo, agente pró-apoptótico, anti-invasivo, antinociceptivo, anti-inflamatória, antiaterosclerótico, antidiabética, antibacteriana, antifúngica, antileishmania, tripanocida e esquistossomicida. Diversos estudos avaliam a piplartina como composto principal para combater células cancerígenas, apresentando também atividade mutagênica em leveduras e células de mamíferos (BEZERRA et al., 2007, 2009, 2013; PISKA et al., 2018; DE ALCÂNTARA-CONTESSOTO et al., 2019).

A piplartina vem ganhando reconhecimento dia após dia, devido as suas propriedades biológicas. NAVICKIENE et al. (2007) e CAMPELO (2017) estudaram as

propriedades inseticidas, avaliando a influência sobre *Anticarsia gemmatalis* (lagarta da soja), algumas formigas e lagartas, apresentando resultados satisfatórios no controle dessas pragas. A atividade antifúngica contra *C. sphaerospermum* também foi investigada, concluindo-se que são necessários cerca de 5 µg para o controle desse fungo (NAVICKIENE et al., 2000; SILVA et al., 2002).

MORAES et al. (2011, 2012), avaliaram a atividade esquistossomicida em *Schistosoma mansoni*, resultando na mortalidade dos vermes após 24 horas e na redução de 75% na produção de ovos. COTINGUIBA et al. (2009), analisaram a influência da piplartina sobre *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas, e observaram alta taxa na inibição de IC50.

A atividade antileishmania foi analisada primeiramente por BODIWALA et al. (2007), testando piplartina em hamster com leishmaniose visceral, sendo eficaz na dose de 30 mg kg⁻¹. Com relação aos efeitos antiproliferativos, em trabalho realizado por BEZERRA et al. (2005), foram observados toxicidade em *Artemia salina* e inibição no desenvolvimento de ovos de ouriço-do-mar. A piplartina não apresentou inibição na hemólise de eritrócitos de camundongo, sugerindo que sua toxicidade não está relacionada aos danos na membrana (BEZERRA et al., 2005).

Outros estudos relevantes são em termos de resposta nociceptiva produzindo antinocicepção, redução da percepção de dor, contra a dor visceral induzida por ácido acético em camundongos (RODRIGUES et al., 2009). A piplartina também apresenta atividade antidiabética inibindo a aldose redutase, consequentemente prevenindo o acúmulo de sorbitol nos glóbulos vermelhos humanos (RAO et al., 2012).

Estudos diversos sobre as atividades antitumorais da piplartina, vêm ganhando cada vez mais relevância, devido ao potencial de inibição de células cancerígenas. BEZERRA et al. (2006), avaliaram a evolução de Sarcoma 180 em camundongos Swiss fêmeas, analisando tumores e órgãos. Observou-se que 100 mg kg⁻¹ de piplartina apresentou taxa de inibição de 52,3%, porém apresentou efeitos tóxicos ao rim. BEZERRA et al. (2007), estudaram o efeito sobre células de leucemia humana, concluindo que a substância pode extinguir o crescimento das células cancerígenas e reduzir a sobrevivência celular, eventualmente ocasionando necrose e/ou apoptose. Outro estudo avaliou as células de câncer de próstata que demonstraram atividade antiproliferativa e anticancerígena nas células (KONG et al., 2008).

Acredita-se que uma das propriedades da piplartina é a atividade alelopática, devido as diversas propriedades biológicas já observadas, bem como estrutura química

semelhante a outras substâncias com potencial alelopático. Há estudos sobre extratos de plantas contendo piplartina, com resultados satisfatórios em termos de alelopatia (SANTOS et al., 2013; LEI et al., 2015; AMRITA KUMARI, 2018; NOGUEIRA, 2019). Entretanto, relatos sobre o potencial alelopático da piplartina pura sobre plantas daninhas não foram encontrados.

3.3 A PROBLEMÁTICA DE PLANTAS DANINHAS E O POTENCIAL DA ALELOPATIA

Denomina-se planta daninha, o indivíduo que é indesejável em um determinado local e momento. Essa definição não é específica, visto que, por essa definição, quaisquer espécies podem ser consideradas plantas daninhas. Por exemplo, no plantio de soja, o milho pode ser considerado uma planta daninha. Contudo, isso não invalida aspectos benéficos dessas espécies, pois muitas, apesar de representarem problemas aos sistemas produtivos, são essenciais para o controle de erosão, ciclagem de nutrientes, fornecimento de néctar e utilização como plantas medicinais (SILVA; SILVA, 2007).

Para o desenvolvimento e reprodução das plantas são necessários alguns fatores essenciais, sendo eles: água, gás carbônico, nutrientes, luz e calor. Fatores que se tornam escassos quando ocorre competição com outras espécies (SOUZA; ALVES, 2000; KARAM, 2007; SILVA; SILVA, 2007). As plantas daninhas têm grande capacidade de adaptação em inúmeras condições, devido a sua ampla variabilidade genética (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Essa capacidade adaptativa, exerce influência na interferência sobre culturas de interesse. Algumas espécies têm a capacidade de liberar toxinas, por meio de substâncias aleloquímicas que penetram no solo e prejudicam no desenvolvimento de outras espécies (SOUZA; ALVES, 2000; KARAM, 2007; SILVA; SILVA, 2007).

O controle dessas plantas é essencial, devido aos danos causados tanto na qualidade dos grãos de interesse como na produtividade. E sabe-se da necessidade de proteção das espécies cultivadas, visto que são responsáveis pela alimentação mundial. Os herbicidas se constituem no método mais empregado, devido ao controle eficaz e ao baixo custo (HEAP, 1997; ROMAN et al., 2004; IQBAL; KHALIQ; CHEEMA, 2020).

Os herbicidas são metabolizados nas plantas em quatro fases distintas. A primeira fase (transformação), altera a estrutura química do herbicida por meio de reações de redução, oxidação e hidrólise. Na segunda fase (conjugação), ocorre a conjugação dos açúcares por ponte glicosídica, catalisada pela glicosiltransferase. Podem ocorrer também conjugação da glutatona pela glutatona-S-transferase, sendo mais solúveis em água e menos fitotóxicos. Na terceira fase (compartimentalização), ocorre o transporte do herbicida pela matriz extracelular ou pelo vacúolo. Na última fase há o processamento completo dos compostos (COLE, 1994; MONQUERO et al., 2004).

Entretanto, a utilização do controle químico feito por meio de herbicidas, pode prejudicar o meio ambiente, alterando os compostos do solo, água e ar. Podendo ocorrer contaminações dos lençóis de águas, quando os produtos são lixiviáveis e do ar quando são voláteis (KARAM, 2007).

A resistência das plantas daninhas a herbicidas, é um dos grandes problemas enfrentados pelos agricultores (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003; OOKA; OWENS, 2018). A resistência é a capacidade herdável e natural de alguns biótipos de plantas daninhas em resistir à aplicação de herbicidas que normalmente seriam letais à espécie (VIDAL; TREZZI, 2000; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Segundo estudos, espécies *E. heterophylla* e *B. pilosa* vêm apresentando resistência aos inibidores da ao ALS (grupos das sulfoniluréias e imidazolinonas) (VIDAL; TREZZI, 2000; CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Em uma compilação de informações sobre a resistência de plantas daninhas a herbicidas, ANANIAS et al. (2020) relatam que nos artigos consultados existiam 223 biótipos de plantas daninhas resistentes em espécies dos gêneros de *Amaranthus*, *Conyza*, *Digitaria*, *Bidens*, *Raphanus*, *Echinochloa*, *Eleusine*, *Euphorbia*, *Lolium*, *Oryza*, *Sagittaria* e *Urochloa*. Também relataram a resistência a 18 princípios ativos, sendo o mais frequentes o glifosato, com 78 descrições. O Paraná e o Rio Grande do Sul foram os estados que mais apresentaram biótipos resistentes.

O uso de plantas de cobertura é um método utilizado para o controle de plantas daninhas em agroecossistemas (WORTMAN et al., 2013). Na agricultura orgânica, esse controle pode ser realizado por meio de implantação de espécies com potencial alelopático ou com extratos de plantas. Extratos contendo substâncias alelopáticas já foram utilizados como bioherbicidas em pós-emergência em alguns países, como no Paquistão (WORTMAN et al., 2013; BAJWA; MAHAJAN; CHAUHAN, 2015; TREZZI et al., 2016). Nesse contexto, os benefícios podem ser em termos de redução de

crescimento de plantas daninhas, além de diminuição da quantidade de utilização de herbicidas sintéticos (TABAGLIO et al., 2008; ALTIERI et al., 2011; PUDEŁKO; MAŃKOWSKI; KOŁODZIEJ, 2015; TREZZI et al., 2016).

A necessidade de estudos sobre novos herbicidas ocorre principalmente em função da falta de lançamentos de novos herbicidas no mercado, da dificuldades de registro dos herbicidas e do aumento da resistências das plantas daninhas aos herbicidas já utilizados (DUKE, 2012; TREZZI et al., 2016). Os aleloquímicos auxiliam na descoberta de novos herbicidas, sendo que impacto ambiental reduzido, facilidade no registro e maior aceitação de consumo, são alguns dos benefícios que herbicidas à base de aleloquímicos proporcionam (DAYAN; OWENS; DUKE, 2012; TREZZI et al., 2016).

Plantas, fungos e bactérias têm a capacidade de produzir metabólitos secundários, e muitos desses metabólitos são fitotóxicos. Há relatos, sobre a utilização desses metabólitos secundários para a formulação de bioherbicidas (DIAS; DIAS, 2007; ABBAS; ZAHIR; NAVEED, 2017; BENCHAA; HAZZIT; ABDELKRIM, 2018; RADHAKRISHNAN; ALQARAWI; ABD-ALLAH, 2018; ALHARITS et al., 2020; MEHDIZADEH; MUSHTAQ, 2020). Os bioherbicidas são uma alternativa mais sustentável para o controle dessas pragas.

3.3.1 Características de *Bidens pilosa* (Picão preto)

A espécie *B. pilosa*, representada na Figura 4, pertence à família Asteraceae (Compositae), é conhecida por picão preto, carrapicho-de-agulha, carrapicho-de ponta, entre outros (KISSMANN; GROTH, 1933; LORENZI, 1991; BRANDÃO et al., 1997; PRATA, 2010). Encontrada anualmente na América, nas regiões tropicais e temperadas, principalmente na América do Sul, ocorrendo em todo território brasileiro, em maiores concentrações nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste. Maiores manifestações na primavera e verão (KISSMANN; GROTH, 1933; LORENZI, 1991; MITICH, 1994; ABAJO et al., 2004; WANG; CAO; WANG, 2019).

Figura 4 – Galho, folhas, inflorescência em forma de capítulo e frutos da planta *Bidens pilosa* (picão preto)



Fonte: ERVANARIUM (2019)

Espécie anual, com altura de 40 a 120 cm. As distribuições das sementes geralmente são feitas por animais, seres humanos, água e vento. Cada planta de *B. pilosa* pode produzir entre 3000 e 6000 sementes. Nesse contexto, sua proliferação ocorre em alta escala (KISSMANN; GROTH, 1933; LORENZI, 1991; MITICH, 1994; PRATA, 2010).

O ciclo de reprodução é curto e rápido, podendo ocasionar três gerações em apenas um ano. É uma planta agressiva, devido à alta taxa de proliferação e às altas taxas de absorção de água e nutrientes. *B. pilosa* é uma das espécies mais frequentes em lavouras, principalmente nas culturas de soja, podendo diminuir sua produtividade em até 30% (KISSMANN; GROTH, 1933; LORENZI, 1991; SANTOS; CURY, 2011).

Apesar desse fator negativo, ela apresenta diversos fatores positivos. *B. pilosa* vem sendo utilizada como medicamento fitoterápico, por meio de uso da planta inteira ou por chá das folhas. É utilizada para tratamento de febres, icterícia, hepatite, corrimento vaginal, feridas, crise renal, inchaços e azia. Outro potencial que vem ganhando notoriedade é a atividade antitumoral testada em animais, como camundongos (GEISSBERGER; SÉQUIN, 1991; ALVARINA et al., 2005; MEYER; QUADROS; ZENI, 2012; PASSOS et al., 2018).

É rica em flavonoides e apresenta forte capacidade antioxidante, atuando com efeito inibitório de microrganismos patogênicos (ABAJO et al., 2004). Apresenta também, propriedades anti-inflamatória, antibacteriana, antimalária, antidiabética, redução de hipertensão e hipoglicemia. Há relatos que a *B. pilosa* atua como neuroprotivo. Além de apresentarem papel positivo na recuperação da memória e no tratamento de disfunção cognitiva, em animais (GEISSBERGER; SÉQUIN, 1991;

BRANDÃO et al., 1997; DIMO et al., 2002; ABAJO et al., 2004; HSU et al., 2009; KUMARI et al., 2009; WANG; WU; SHI, 2010; BILANDA et al., 2017; WANG; CAO; WANG, 2019).

A germinação das sementes de *B. pilosa* necessita de umidade, luz, temperaturas altas e baixa profundidade no solo, podendo ocorrer até na superfície. Quando em grande profundidade, as sementes podem ficar em vida latente por até 5 anos. O controle por herbicidas são os mais indicados, pois não ocorrem novas gerações imediatas. Por outro lado, o controle por capinação é indesejado, visto que acabam deslocando as sementes para a superfície originando novas gerações (KISSMANN; GROTH, 1933).

3.3.2 Características de *Eragrostis plana* Nees (Capimannoni-2)

A espécie *E. plana* Nees, representada na Figura 5, é uma planta da família Poaceae e da subfamília das Eragrostoideae. Encontrada principalmente em regiões tropicais, ocorrendo em maior incidência na região Sul do Brasil (FERREIRA; MEDEIROS; SOARES, 2008; FIORENZA et al., 2016). É conhecida como capimannoni-2. Planta nativa da África do Sul, introduzida acidentalmente no Rio Grande do Sul, na década de 50 (HALL; NASCIMENTO, 1978; REIS; OLIVEIRA, 1978; COELHO, 1985, 1986; BRINK; BELAY, 2006; FERREIRA; MEDEIROS; SOARES, 2008; ZENNI; ZILLER, 2011; BARBOSA et al., 2013).

Figura 5 – Folhas da planta *Eragrostis plana* Nees



Fonte: (TWARDOWSKI et al., 2018)

São gramíneas perenes com alturas entre 45-100 cm. Adaptam-se melhor em solos secos, pobres e degradados, florescendo no final da primavera (FERREIRA; MEDEIROS; SOARES, 2008). Sua principal propagação é por meio de pequenas sementes com alta taxa de germinação, facilitando sua dispersão. Sementes de capim annoni-2 quando na superfície podem permanecer vivas por três anos e em profundidades por mais de vinte anos (HALL; NASCIMENTO, 1978; REIS; OLIVEIRA, 1978; COELHO, 1985, 1986; MACEDO, 1993; GONZAGA; GONÇALVES, 1999; GOULART et al., 2009; MEDEIROS et al., 2014; BITTENCOURT et al., 2017).

Capim annoni-2 é uma das plantas mais agressivas do Rio Grande do Sul. A invasão dessa espécie é tão agressiva e de difícil controle, que nessas áreas ocorrem o desaparecimento das outras espécies em poucos anos (REIS; OLIVEIRA, 1978; COELHO, 1986; MACEDO, 1993; FERREIRA; MEDEIROS; SOARES, 2008; GOULART et al., 2009). No controle dessa praga geralmente é utilizado o herbicida Glifosato (COELHO, 1985).

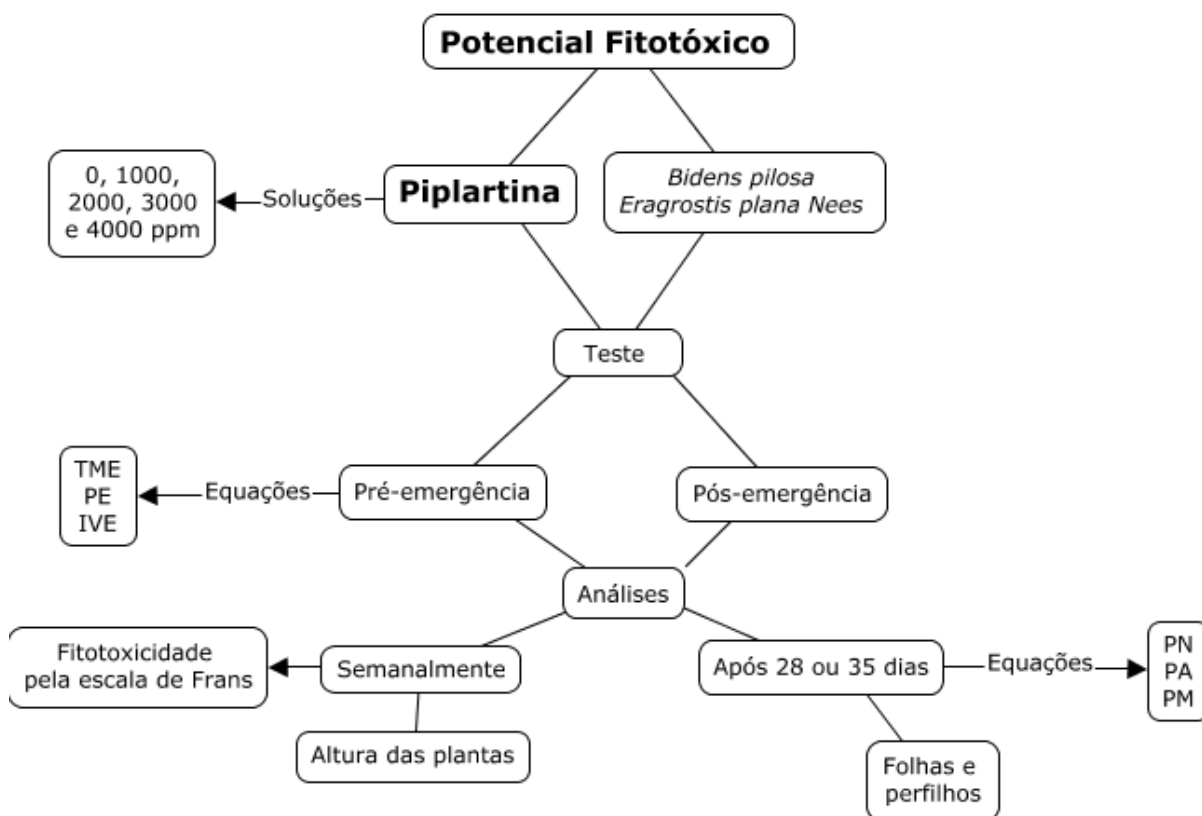
As pastagens são as principais dietas de ovinos e bovinos. Entretanto, essas pastagens podem perder suas qualidades devido à invasão da *E. plana* Nees (MEDEIROS et al., 2014). Há estudos que relatam a utilização do capim annoni-2 como forma de dieta para esses animais, mas que obtiveram resultados insatisfatórios, em função do comportamento digestivo, baixo valor nutricional do capim e desgaste acelerado dos dentes. As sementes de capim são pouco digeridas pelos bovinos, sendo liberadas nas fezes, contribuindo para novas gerações dessa planta. Outro fator é que possuem baixa palatabilidade para bovinos. Esses fatores causam impactos socioeconômicos e ecológicos negativos (MEDEIROS; SAIBRO; FOCHT, 2009; FERREIRA, 2011; BARBOSA et al., 2013; BAGGIO et al., 2018).

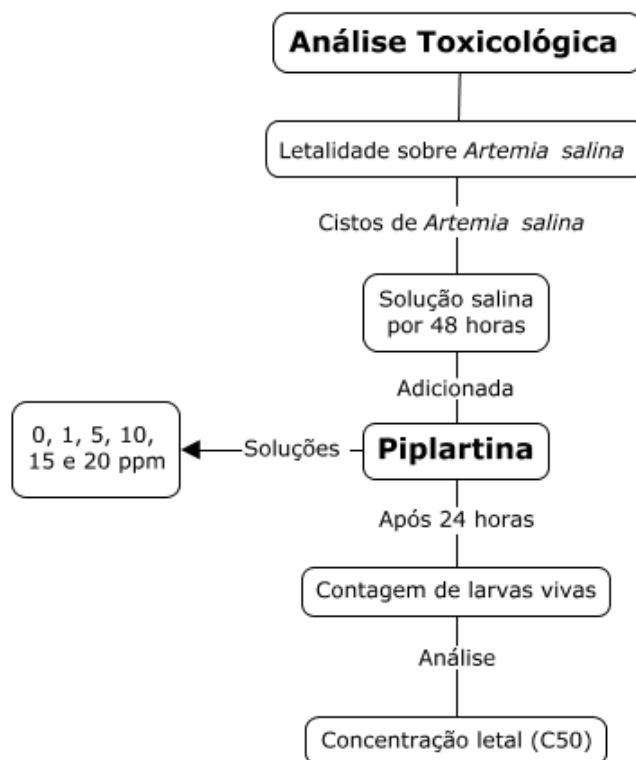
Recentemente foi descoberto que a *E. plana* apresenta potencial alelopático. FAVARETTO et al. (2015) foram os primeiros a relatar a existência de compostos com potencial alelopático nessa espécie. CECCHIN et al. (2017); FAVARETTO et al. (2019); SCHEFFER-BASSO; FIORENTIN; FAVARETTO (2019); KLEIN HENDGES et al., (2020) também avaliaram o potencial alelopático dos compostos químicos presentes nas folhas e raízes do capim annoni-2. Detectaram que o composto neocassa-12(13),15-dieno-3,14-diona, isolado das raízes do *E. plana* Nees, apresentou redução no índice de velocidade de germinação mais eficaz do que o herbicida glifosato.

4. MÉTODOS

A metodologia empregada para analisar a fitotoxicidade e a toxicologia da piplartina, será descrita na seção a seguir. A Figura 6 apresenta um fluxograma resumido da metodologia empregada.

Figura 6 – Fluxograma da metodologia





Fonte: Elaborada pela autora (2021)

4.1 Assepsia das espécies receptoras

As sementes das espécies receptoras *B. pilosa* (picão preto) e *E. plana* Nees (Capim anonni-2), inicialmente passaram por um processo de assepsia, em capela de fluxo laminar (H1) com lâmpada UV (254 nm) por 15 minutos.

4.2 Preparo das soluções

A piplartina foi fornecida pelo departamento de Química da USP - São Paulo, cujo processo de extração realizou-se da seguinte forma: 25 g de material seco (raízes) e pulverizado foram adicionados a 100 mL de metanol PA, (rendimento de 10%). O extrato assim obtido foi submetido a uma coluna sílica em gel de 3 cm de diâmetro e 15 cm de altura e eluída com diclorometano PA. Obtendo assim 8 frações, as frações 7 e 8 foram juntadas, secas e a piplartina foi recristalizada utilizando metanol PA. Com grau de pureza acima de 95%. Essa substância foi utilizada para o preparo de soluções com concentrações de: 0 (controle), 1000, 2000, 3000, 4000 ppm. Para a diluição foram adicionadas gotas de Tween 80 em todas as concentrações. Em seguida, as soluções foram levadas ao banho de Ultrassom, para obter uma melhor microemulsão.

4.3 Potencial Fitotóxico

4.3.1 Condições experimentais

Os experimentos em pré e pós-emergência foram realizados em solo coletado na Área Experimental da UTFPR, Câmpus Pato Branco. O solo foi depositado em pequenos recipientes plásticos com 9,5 cm de diâmetro e capacidade 0,25 dm³ (270 g de solo).

Inicialmente, o solo foi depositado em estufa para secar por 3 dias. Em seguida cerca de 30 Kg de solo foram adubados, com 5 g de Superfosfato Triplo com 42% de P₂O₅ (marca comercial Solo Vivo), 3,5 g de cloreto de potássio com 60% de K₂O (marca comercial Fertilize), 3,3 g de ureia com 45% de concentração de N (marca comercial Ferticooper) e 15 g de calcário do tipo dolomítico com 90% de PRNT, teor de MgO de 15% e teor de CaO de 30%, seguindo as recomendações determinadas na análise química e textura do solo.

Inicialmente, as sementes germinaram e as plantas se desenvolveram em câmara de crescimento tipo BOD (Biochemical oxygen demand). A temperatura foi controlada a 30 °C durante o dia e 25 °C a noite, com fotoperíodo de 12 horas. Após o crescimento inicial das plântulas (7 dias), foram levadas para casa-de-vegetação contendo sistema de arrefecimento de temperatura e condição de radiação solar mais próxima das condições de campo, que reduzem o estiolamento e maximizam o desenvolvimento. Durante todas as etapas de desenvolvimento das plantas, os recipientes foram irrigados diariamente com água destilada, mantendo-se a umidade próxima da capacidade de campo.

Os experimentos de pré e pós-emergência foram realizados em quadruplicada para cada espécie e concentração. As três espécies de plantas daninhas utilizadas foram: *B. pilosa* e *E. plana* Nees fornecidas pelo Departamento de Ciências Agrárias da UTFPR – Câmpus Pato Branco. Para as espécies de *E. plana* Nees e *B. pilosa*, foram adicionadas 15 sementes em cada pote, em profundidade inferior a 1 cm.

A distribuição dos tratamentos foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Após a realização dos testes foi verificada a normalidade dos dados de crescimento, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov utilizando o Software

Statistics®. Na sequência com hipótese confirmada, foram realizados os testes de ANOVA de dois fatores com repetição e de Tukey, com nível de significância de 5%.

4.3.1 Pré-Emergência

No dia da aplicação, as sementes foram depositadas no solo superficialmente (menos de 1 cm de profundidade) e, em seguida, à superfície do solo de cada recipiente foram aspergidos 10 mL de solução de piplartina, correspondente a cada concentração.

Após a germinação foi possível calcular o tempo médio de emergência (TME), porcentagem de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE) (SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010a):

Tempo médio de emergência (TME):

$$TME = \frac{\sum n_i x t_i}{\sum n_i} \quad (1)$$

Onde:

n_i : número de sementes emergidas;

t_i : tempo (dias) após o início do bioensaio.

Porcentagem de emergência (PE):

$$PE = \left(\frac{N}{T} \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

N: número de sementes emergidas no último dia;

T: número de sementes dispostas a emergir.

Índice de velocidade de emergência (IVE):

$$IVE = \left[\frac{N_1}{1} + \frac{N_2}{3} + \frac{N_3}{3} + \dots + \frac{N_n}{n} \right] \times 100 \quad (3)$$

Onde:

N: sementes emergidas proporcional ao dia.

Após uma semana da emergência das plântulas, foram efetuadas determinações semanais (7, 14, 21, 28 e 35 dias) do comprimento das plântulas emergidas e da fitotoxicidade. Semanalmente foi determinada a fitotoxicidade pela escala de Frans (1986), representada na Tabela 2, e a altura das plântulas. No 28º dia

foram realizadas avaliações quanto a quantidade de folhas e perfilhos por planta, de matéria úmida e seca (SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010a).

Tabela 2 – Escala de Frans (1986)

Nota	Efeito	Controle	Fitotoxicidade na cultura
0		Sem controle	Sem injúria ou redução;
10	Sem efeito	Muito pobre	Leve descoloração ou atrofia;
20		Pobre	Alguma descoloração ou atrofia, ou perda por atrofia;
30	Leve	Pobre a deficiente	Injúria mais pronunciada, mas não duradoura;
40		Deficiente	Injúria moderada, normalmente com recuperação;
50		Deficiente a moderado	Injúria mais duradoura, recuperação duvidosa;
60	Moderado	Moderado	Injúria duradoura, sem recuperação;
70		Inferior ao satisfatório	Injúria pesada, redução de estande;
80		Satisfatório a bom	Cultura próxima da destruição, poucas plantas;
90	Severo	Muito bom a excelente	Raramente restam algumas plantas;
100	Total	Destruição completa	Destruição completa da cultura.

4.3.2 Pós-Emergência

As sementes foram depositadas nos potes para o desenvolvimento das plântulas. Após a emergência das plântulas, quando apresentaram 2 a 4 folhas verdadeiras, foi realizado o desbaste para 6 plântulas por porte, as quais, foram borrifadas com cerca de 1,7 mL das soluções de diferentes concentrações de piplartina.

Após uma semana da aplicação das soluções, foram efetuadas determinações semanais (7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação) de fitotoxicidade pela escala de Frans (Tabela 2) e de altura das plantas. No dia 35, as plantas foram retiradas dos recipientes e foram efetuadas as seguintes determinações: número de folhas e perfilhos por planta, comprimento da radícula e matéria úmida e seca. Para a avaliação da matéria seca, as plântulas foram secas em estufa a 60 °C até o peso constante (SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010a).

4.3.3 Plântulas normais, plântulas anormais e plântulas mortas

Tanto no experimento em pré quanto em pós-emergência foram determinadas as seguintes variáveis: porcentagem de plântulas normais (PPN), anormais (PPA) e mortas (PM), obtendo-as pelas seguintes equações:

Porcentagem de Plântulas Normais (PPN), Anormais (PPA) e Mortas (PM), segundo DE OLIVEIRA et al. (2010) e SILVA (2014):

$$PN = \left(\frac{n_r}{T}\right) \times 100 \quad (4)$$

$$PA = \left(\frac{A}{T}\right) \times 100 \quad (5)$$

$$PM = \left(\frac{M}{T}\right) \times 100 \quad (6)$$

Onde:

n_r = número de plântulas normais;

A = número de plântulas anormais (má formação e/ou necrose);

M = número de plântulas mortas;

T = número total de sementes para germinar.

4.4 Análise toxicológica

A toxicidade da piplartina foi avaliada pelos bioensaios de letalidade sobre as larvas de *Artemia salina* Leach.

4.4.1 Letalidade sobre *Artemia salina*

Para o teste de letalidade, os cistos de *A. salina* foram depositados em soluções contendo 23 g de NaCl, 11 g de MgCl₂.6H₂O, 4 g de Na₂SO₄, 1,3 g de CaCl₂.2H₂O e 0,7 g de KCl em 1 L de água destilada com pH ajustado com Na₂CO₃ para 9, com aeração constante e temperatura entre 20-30 °C. Após 48 horas, as larvas foram utilizadas para o ensaio. As concentrações testadas foram: 0, 1, 5, 10, 15, e 20 ppm de piplartina. Foi realizado sextuplicada com 10 larvas em cada poço, adicionando água salina até volume final de 10 mL. A contagem de larvas vivas foi realizada após 24 horas, com auxílio do microscópio digital USB (ampliação de 1000 x), considerando mortas as larvas imóveis por mais de 10 segundos após agitação. Foi determinado a concentração letal (CL₅₀) através da curva de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Potencial Fitotóxico

5.1.1 *Eragrostis plana* (Capim anonni-2)

5.1.1.1 Pré emergência

5.1.1.1.1 Índice de emergências

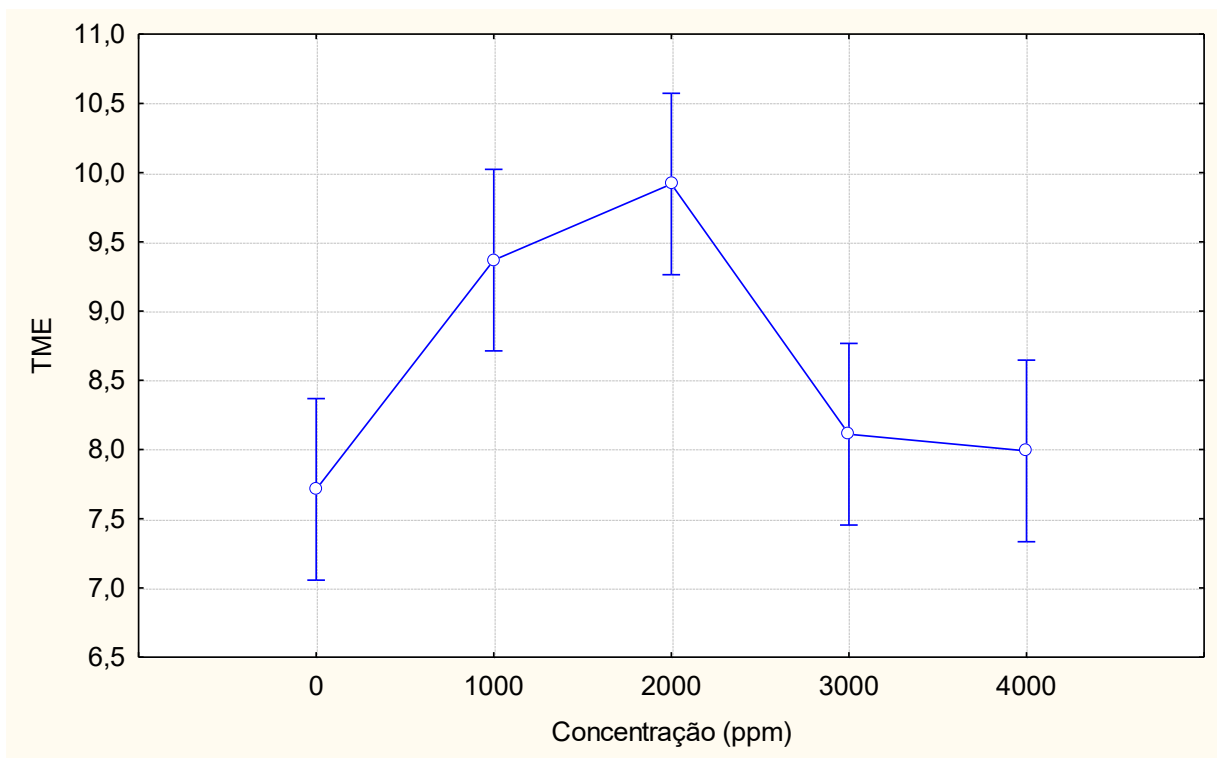
Após 7 dias da semeadura surgiram as primeiras plântulas emergidas. Assim iniciou-se a contagem de plântulas emergidas diariamente até o último dia de análise, aos 40 dias. O tempo médio de emergência (TME), Porcentagem de emergência (PE) e Índice de velocidade de emergência, estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios obtidos para TME, PE e IVE para *E. plana* Nees na aplicação em pré-emergência de piplartina.

Controle		
TME	PE	IVE
7,71	96,67	1,96
1000 ppm		
9,37	93,33	1,62
2000 ppm		
9,92	98,33	1,61
3000 ppm		
8,11	91,67	1,76
4000 ppm		
7,99	91,67	1,78

Para a variável TME, é possível observar que houve um aumento no tempo médio quando comparada o controle (0 ppm) com as demais concentrações. Entretanto, no Gráfico 1, nota-se se entre os grupos 0, 3000 e 4000 ppm não apresentam diferenças significativas, apesar do 0 ppm ser um valor inferior aos demais. Também não apresentaram diferenças significativas entre os pares: 1000 e 2000 ppm; 1000 e 3000 ppm. As concentrações 1000 e 2000 ppm foram as que apresentaram diferenças quando comparadas ao controle (0 ppm).

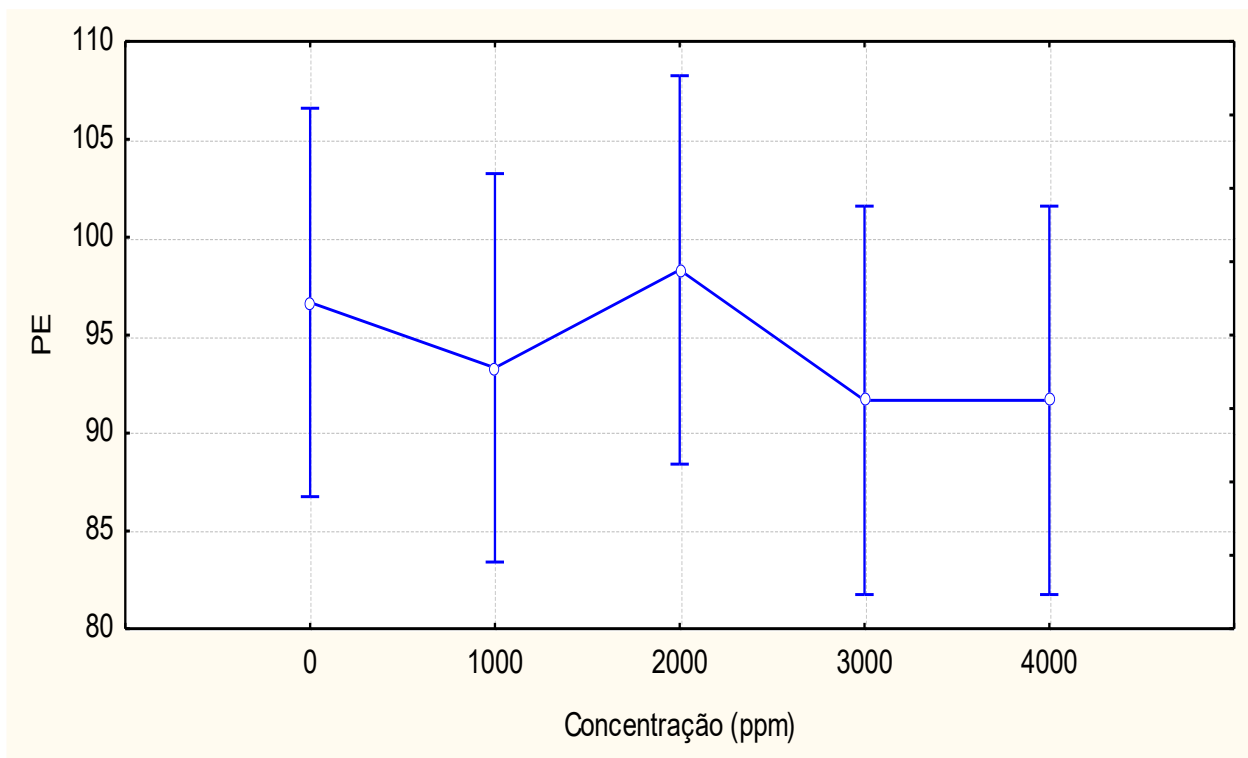
Gráfico 1 – Intervalo de confiança para média da variável TME para *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Para a variável PE, há uma diminuição na porcentagem quando comparado o controle com as demais concentrações, exceto para a concentração de 2000 ppm, onde há aumento desse percentual. Entretanto, observa-se no Gráfico 2, que os valores não apresentaram diferenças significativas entre si, para todas as concentrações.

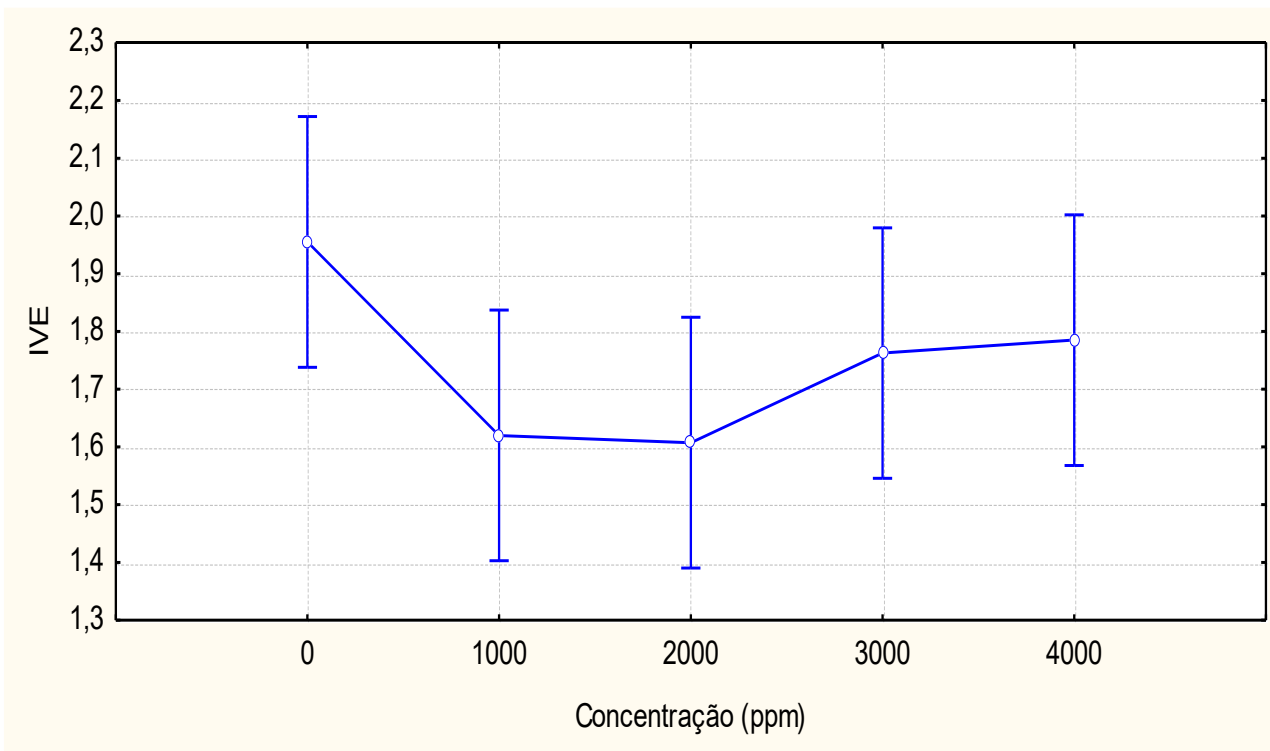
Gráfico 2 – Intervalo de confiança para média da variável PE para *E. plana Nees* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Para a variável IVE, observa-se uma redução no índice quando comparado o controle com as demais concentrações. Observa-se uma redução nas concentrações 1000 e 2000 ppm e nas de 3000 e 4000 ppm há um pequeno aumento, quando comparadas às outras duas concentrações. Entretanto, observa-se no Gráfico 3, que os valores não apresentaram diferenças significativas entre si, para todas as concentrações.

Gráfico 3 – Intervalo de confiança para a média da variável IVE para *E. plana Nees* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Nesse contexto, entende-se que apesar desses resultados obtidos, a piplartina não interfere, de modo significativo, nas variáveis PE e IVE para a espécie *E. plana* Nees em pré-emergência. O esperado seria um decrescimento linear, ou seja, uma redução nos valores dessas variáveis conforme o aumento da concentração, o que não ocorre conforme demonstrado nos Gráfico 2 e Gráfico 3. Para a variável TME (Gráfico 1) espera-se um crescimento linear, que acontece apenas nas concentrações 1000 e 2000 ppm. Assim também não é eficiente, visto a não linearidade dos dados.

Embora as concentrações de piplartina não tenham produzido inibição expressiva em parâmetros relacionados à emergência das plantas de *E. plana* Nees, a literatura especializada apresenta muitos relatos de efeitos de substâncias alelopáticas, como *p*-cumárico e catequina, na inibição de germinação de sementes de *Mimosa pudica*, na ordem de cerca de 30%, nas concentrações de 8 e 20 mg L⁻¹, respectivamente (SOUZA FILHO; PEREIRA; BAYMA, 2005; LÔBO et al., 2008; SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010a). O óleo essencial de *P. hispidineviujm*, apresentou elevada magnitude na inibição da germinação de sementes de plantas daninhas (SOUZA FILHO et al., 2009). LIMA et al. (2015), relataram em seus estudos, que os extratos do fruto de *P. aduncum* L., apresentaram atividade

toxicológica na germinação de cebola, apresentando valores decrescentes da variável IVG com o aumento da concentração.

Também há relatos de estudos com extratos de *P. aducum* e *P. tectoniifolium* (LUSTOSA; OLIVEIRA; ROMEIRO, 2007) e *P. corcovadensis* (NETO; BARBOSA; MONTEIRO, 2015). Esses extratos foram utilizados sobre sementes de alface, observando-se que o aumento da concentração acarretou aumento do número de sementes não germinadas. BEGUM et al. (2019), relataram altas taxas de inibição no comprimento radicular e aéreo das plântulas de alface, quando submetidas a extratos de *P. longum*.

5.1.1.1.2 Comprimento da parte aérea

Inicialmente, foram adicionadas 15 sementes e aplicadas as soluções em diferentes concentrações em cada pote. Após uma semana do surgimento das primeiras geminações, iniciou-se a medição do comprimento da parte aérea, e de forma subsequente, semanalmente eram realizadas as medidas até completar 28 dias de análise. Os resultados obtidos estão sendo apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Somatórias e médias dos comprimentos das partes aéreas da *E. plana* Nees na aplicação em pré-emergência de piplartina.

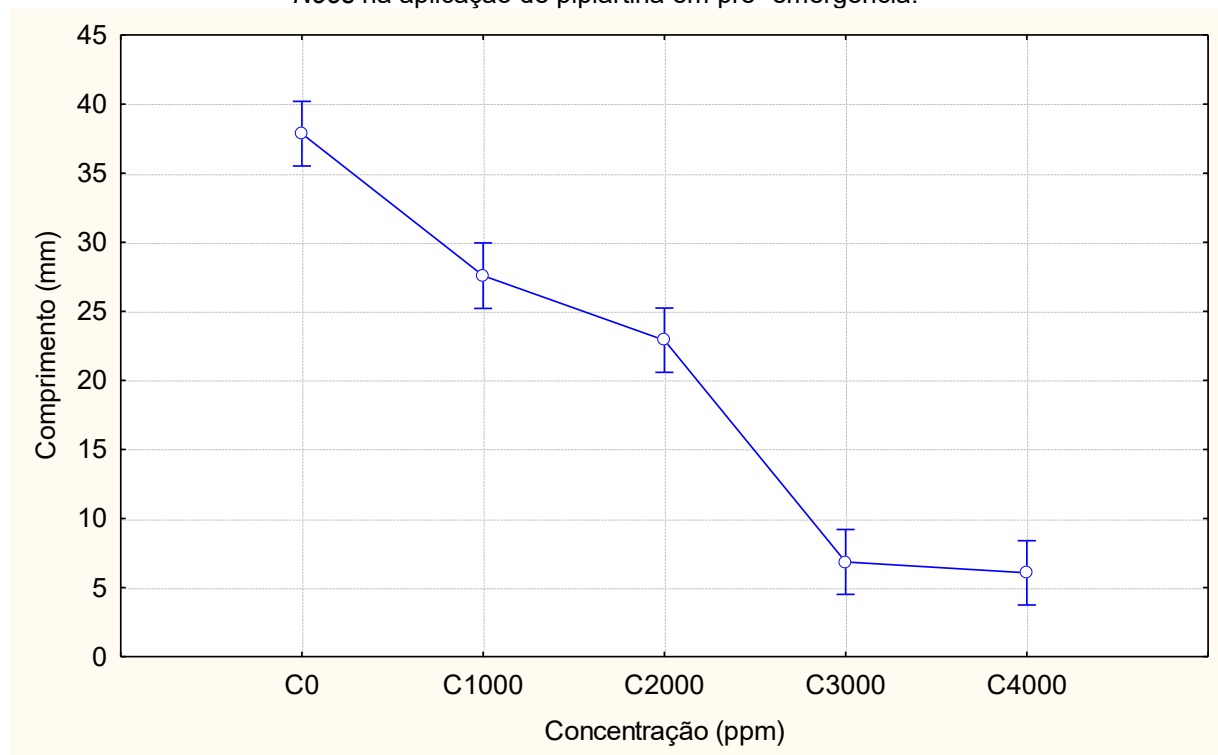
Tempo (dias)	Concentração (ppm)	Comprimento (mm)	Média (mm)
T7	C0	761,44	14,10
T14	C0	1062,15	18,97
T21	C0	2643,37	47,20
T28	C0	3954,61	70,62
T7	C1000	586,28	11,50
T14	C1000	749,51	13,63
T21	C1000	1795,93	32,65
T28	C1000	2861,05	52,02
T7	C2000	569,78	10,96
T14	C2000	655,7	11,50
T21	C2000	1464,85	25,70
T28	C2000	2462,84	43,21
T7	C3000	538,37	9,79
T14	C3000	364,7	6,63
T21	C3000	265,74	4,83
T28	C3000	340,1	6,18
T7	C4000	512,41	9,15
T14	C4000	326,6	5,83
T21	C4000	233,31	4,17
T28	C4000	286,87	5,12

Inicialmente foi realizado os testes de Kolmogorov-Smirnov, para verificar a normalidade dos dados, com esta hipótese confirmada, sendo $p < 0,01$, foi possível

realizar os testes de ANOVA de dois fatores e de Tukey. A partir dos testes de ANOVA obteve-se os Gráfico 4 e Gráfico 5.

Por meio do Gráfico 4, que apresenta o intervalo de confiança da média do comprimento da parte aérea, nota-se que o controle apresenta diferença significativa em relação às demais concentrações, ou seja, o comprimento da parte aérea foi reduzido em todas as concentrações, quando comparado ao controle. Entretanto, observa-se que as concentrações 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si. Há redução percentual no comprimento da parte aérea, de 28,5% e 39,07% nas concentrações de 1000 e 2000 ppm, respectivamente, e uma redução brusca, de 81,91% e 84,00% nas concentrações 3000 e 4000 ppm.

Gráfico 4 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos das partes aéreas da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pré- emergência.

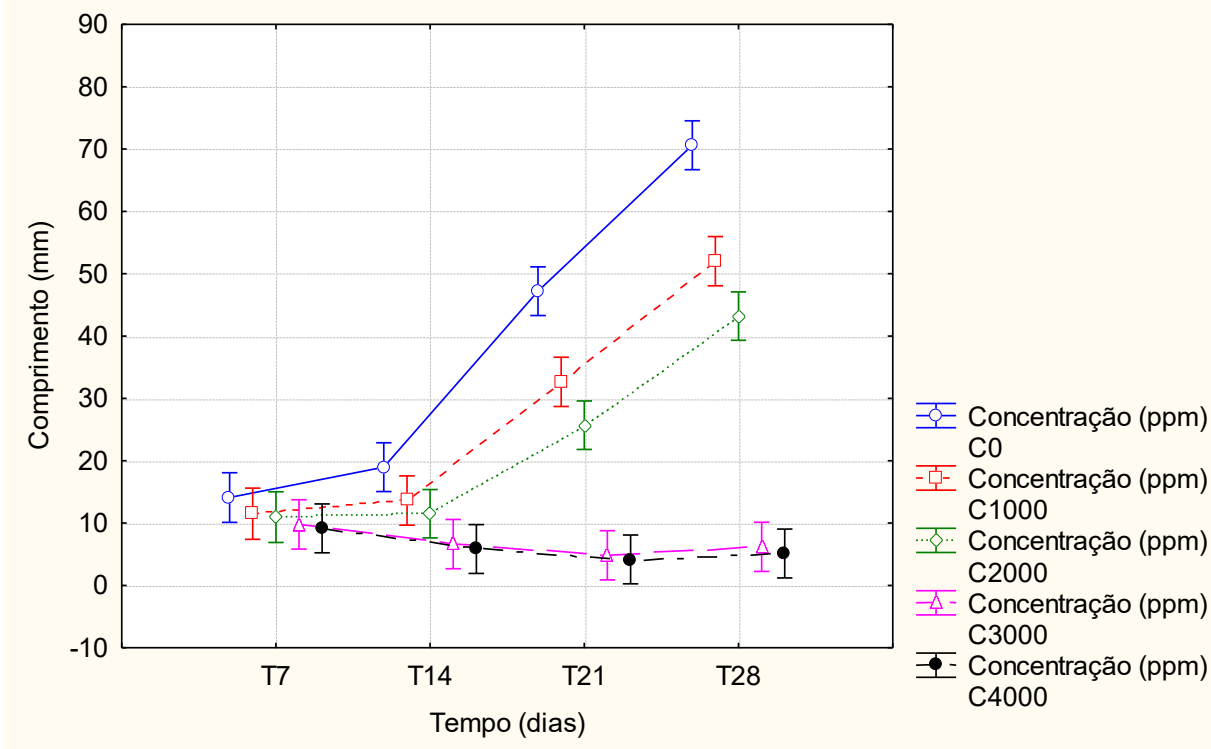


Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

O Gráfico 5, apresenta o intervalo de confiança da parte aérea em função do tempo e concentração, assim é possível visualizar a interação do comprimento da parte aérea da plântula com o decorrer dos dias para cada concentração. É visível que no 7º dia não se observa diferença significativa entre todos os grupos, visto que as plântulas se desenvolveram similarmente em todas as concentrações. No 14º dia não apresentam diferenças significativas entre os grupos: 0, 1000 e 2000 ppm, e

1000, 2000, 3000 e 4000 ppm. Nos 21º e 28º dia, as concentrações 1000 e 2000 ppm e 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si.

Gráfico 5 – Intervalo de confiança das médias dos comprimentos da parte aérea da *E. plana* Nees em função das variáveis tempo e concentrações na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Observa-se também, por meio do Gráfico 5, que a partir do 14º dia a substância começa a agir no desenvolvimento das plântulas, onde o comprimento da parte aérea no tratamento do controle (0 ppm) começa a se destacar e distanciar-se das demais concentrações com o decorrer dos dias. Nota-se também, que nas concentrações 3000 e 4000 ppm, os comprimentos das partes aéreas diminuem quando comparadas com o dia 7º, devido ao surgimento de mortalidade ou necrose em algumas plântulas.

Outro teste estatístico realizado foi o teste de Tukey, na média dos períodos de avaliação, realizado para a confirmação das diferenças significativas entre grupos, sendo estes resultados apresentados na Tabela 5. Assim é possível confirmar que apenas entre as concentrações 3000 e 4000 ppm não foram observadas diferenças significativas. Nota-se também, que há uma grande diferença entre as médias dos comprimentos da parte aérea quando comparadas às demais concentrações, confirmando-se assim o efeito negativo da piplartina na redução e mortalidade das

plântulas da espécie *E. plana* Nees. Também é notável que todas as concentrações de piplartina apresentaram diferença significativa em relação ao controle (0 ppm).

Tabela 5 – Teste de Tukey para as médias dos comprimentos das partes aéreas de *E. plana* Nees na aplicação em pré-emergência de piplartina.

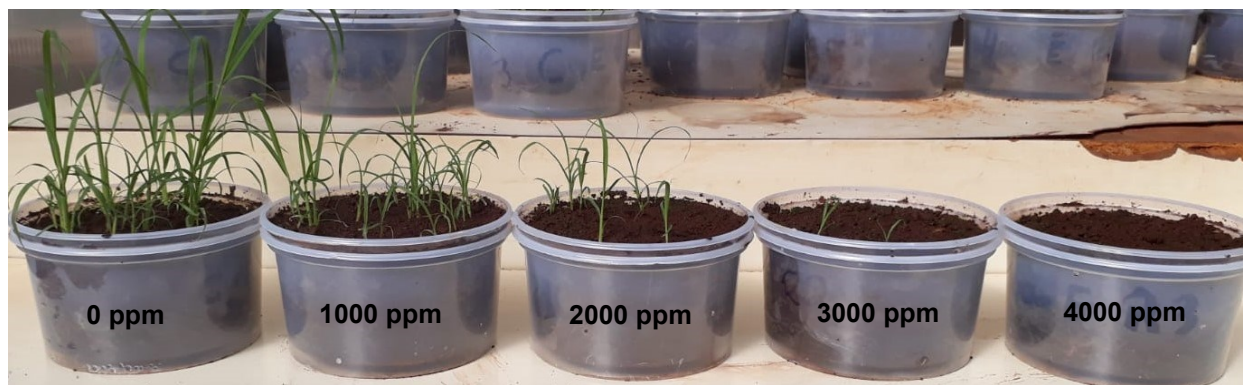
Concentração (ppm)	Comprimento (mm)
C0	37,93 ^a
C1000	27,74 ^b
C2000	23,11 ^c
C3000	6,86 ^d
C4000	6,07 ^d

Efeitos inibitórios do óleo essencial da *P. hispidinervium* C. DC e *P. heyneanus* Benth sobre o desenvolvimento da parte aérea e radicular de plantas daninhas foram relatados por SOUZA FILHO et al. (2009), na medida em que havia aumento na inibição da germinação. Também há relatos de estudos com extrato hexânico de *P. divaricatum*, que reduziram 43% e 93% do comprimento da parte aérea e radicular, respectivamente (MARTINS et al., 2021). Há estudos com extratos alcoólico, bem como frações desse extrato de folhas de *P. tuberculatum* Jacq. em *Lactuca sativa* var. *crispa* (alface) e *Allium cepa* var. *write creole* (cebola), relatando redução no comprimento da parte aérea em função do aumento da concentração em todas as frações (NOGUEIRA, 2019).

A variação da intensidade do efeito alelopático depende potencialmente da concentração da solução, dos aleloquímicos relacionados diretamente à espécie de interesse, da planta receptora e do tipo de tecido usado para a extração. Os efeitos alelopáticos podem afetar toda a fisiologia da planta (SILVA et al., 2009; SOUZA FILHO et al., 2009; FORMAGIO et al., 2010; BORELLA et al., 2012).

Por meio dos Gráfico 4, Gráfico 5 e Figura 7, é visível que com o aumento da concentração, há redução no comprimento da parte aérea das plântulas, sendo que pode-se observar uma brusca redução no crescimento, nas concentrações 3000 e 4000 ppm. Dessa forma, pode-se inferir que a piplartina apresenta resultados satisfatórios para a variável comprimento da parte aérea, no teste de pré-emergência para a espécie *E. plana* Nees, visto que, com o aumento da concentração há redução no comprimento da parte aérea, e nas concentrações maiores, há redução na quantidade de plântulas sobreviventes.

Figura 7 – Sequência do crescimento das plântulas com aumento da concentração na aplicação em pré-emergência de piplartina em *E. plana* Nees.



Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

5.1.1.1.3 Comprimento do sistema radicular

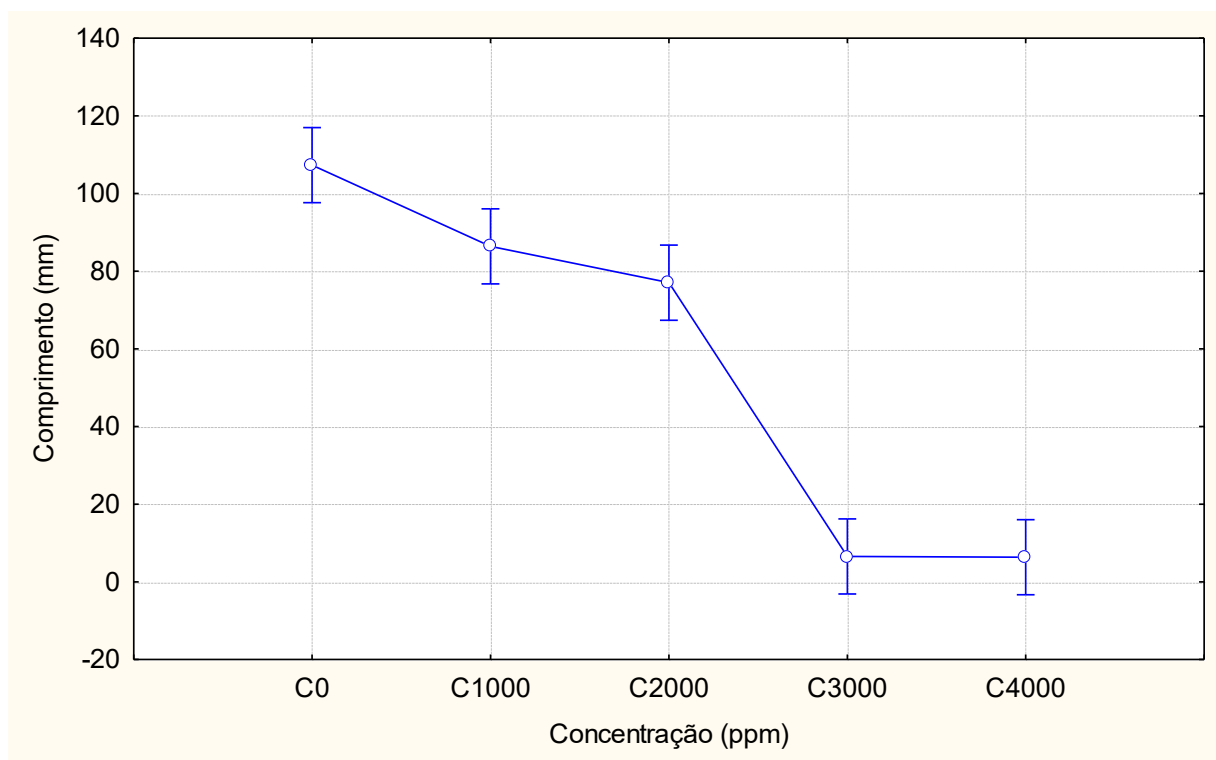
No último dia de análise também foram realizadas as medidas do comprimento de raízes de cada plântula (Tabela 6).

Tabela 6 –Somatória e teste de Tukey para média dos sistemas radiculares da *E. plana* Nees na aplicação em pré-emergência de piplartina.

Concentração (ppm)	Comprimento (mm)	Média (mm)
C0	6438,5	107,31 ^a
C1000	5183	86,38 ^b
C2000	4623	77,05 ^b
C3000	393	6,55 ^c
C4000	381	6,35 ^c

O Gráfico 6 apresenta o intervalo de confiança da média do comprimento do sistema radicular. Observa-se que nas concentrações 1000 e 2000 ppm há um pequeno declínio no comprimento da radícula, quando comparadas ao controle. Entretanto, quando comparadas com as demais concentrações, 3000 e 4000 ppm, nota-se redução brusca nos valores correspondentes ao comprimento. Essa redução pode ser atribuída ao fato de que, nas concentrações 3000 e 4000 ppm, houve menor quantidade de plântulas e de sistemas radiculares atrofiados, quando comparadas as demais concentrações, devido à mortalidade causada pela substância. Por meio do Gráfico 6, é visível que as concentrações 1000 e 2000 ppm, 3000 e 4000 ppm não apresentam diferenças significativas entre si. Há redução percentual no comprimento do sistema radicular, de 19,53% e 28,20% nas concentrações de 1000 e 2000 ppm, respectivamente, e uma redução brusca, de 93,90% e 93,91% nas concentrações de 3000 e 4000 ppm.

Gráfico 6 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos dos sistemas radiculares da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Na Tabela 6 também está sendo apresentado o teste de Tukey, contribuindo para a confirmação das diferenças significativas. Observando-se que as concentrações 1000, 2000, 3000 e 4000 ppm apresentam diferenças significativas em relação ao controle (0 ppm).

LUSTOSA; OLIVEIRA; ROMEIRO (2007), relataram em seus estudos com extratos de *P. aduncum* e *P. tectoniifolium* em sementes de alface uma acentuada redução no comprimento radicular, resultantes de paralisia no crescimento, quando comparadas ao controle. Também há relatos que a concentração necessária para obter satisfatória redução do comprimento radicular é menor do que para a inibição da germinação (SOUZA FILHO; PEREIRA; BAYMA, 2005; LÔBO et al., 2008; SOUZA FILHO; GUILHON; SANTOS, 2010b), o que está de acordo com os resultados obtidos neste estudo, a substância piplartina proveniente da com *P. tuberculatum*.

GIL; CELIS; CUEVAS (2010), relataram estudos de pré-emergência com extratos de *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. and *Lantana camara*, em cinco espécies de plantas daninhas, observando que houve redução no comprimento da parte radicular das plantas daninhas quando comparadas ao controle.

Assim, pode-se observar que a piplartina produz redução satisfatória do comprimento da radícula para a espécie *E. plana* Nees em pré-emergência,

conforme o aumento da concentração. Visto que a concentração apresenta diferença significativa em relação a todas as demais concentrações.

5.1.1.1.4 Fitotoxicidade

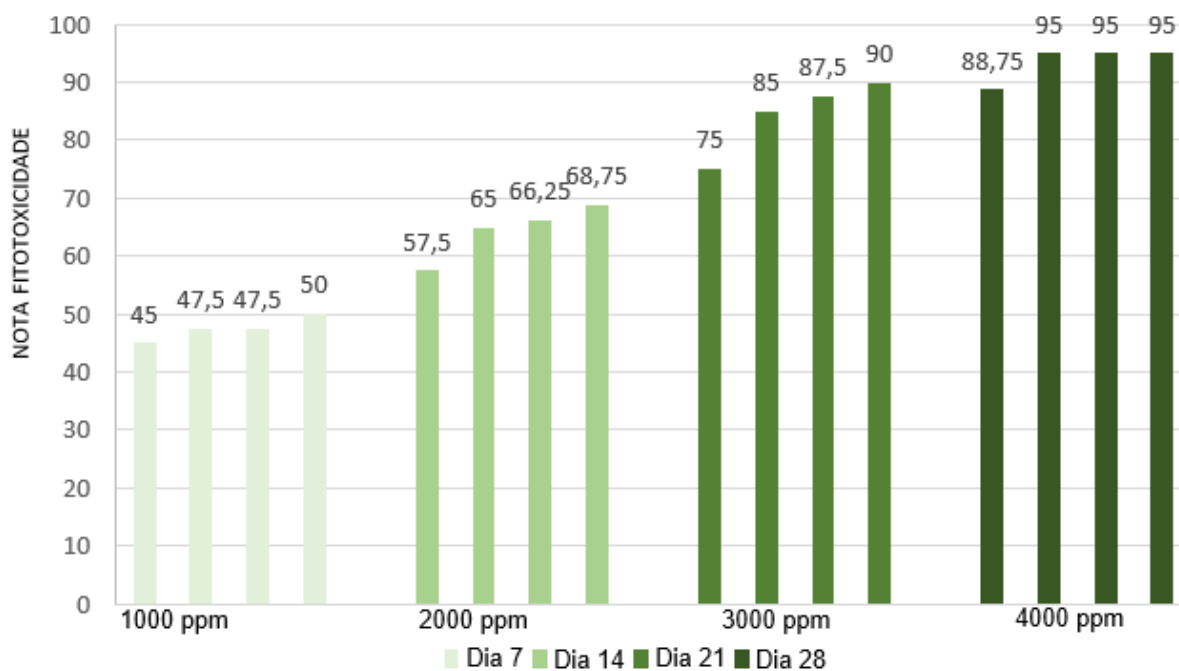
Após uma semana da primeira emergência, semanalmente foi avaliada a fitotoxicidade com o auxílio da escala de Frans (Tabela 2), e atribuídas notas de 0 a 100 para cada pote. Obtendo-se os seguintes valores apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Avaliação fitotóxica pela escala Frans na aplicação em pré-emergência de piplartina em *E. plana Nees*.

Dia 7					
Concentração (ppm)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Média
1000	40	30	70	40	45,00
2000	60	70	70	30	57,50
3000	80	90	90	40	75,00
4000	90	95	90	80	88,75
Dia 14					
1000	50	30	70	40	47,50
2000	70	80	70	50	67,50
3000	90	95	95	60	85,00
4000	100	95	100	85	95,00
Dia 21					
1000	50	30	70	40	47,50
2000	75	70	70	50	66,25
3000	90	95	95	70	87,50
4000	100	95	100	85	95,00
Dia 28					
1000	50	40	70	40	50
2000	75	70	70	60	68,75
3000	90	95	95	80	90
4000	100	95	100	85	95

O Gráfico 7 demonstra a média da nota de fitotoxicidade. Nota-se que conforme ocorre aumento de concentração, há um aumento da fitotoxicidade, desde o primeiro dia (7) até o último dia (28) de análise. Sendo que, nas concentrações de 3000 e 4000 ppm, observa-se uma nota elevada, sendo elas 90 e 95, respectivamente, valores explicados pela alta taxa de mortalidade e anormalidades das plântulas.

Gráfico 7 – Médias dos valores da avaliação fitotóxica pela escala de Frans na aplicação de piplartina em teste pré-emergência de *E. plana Nees*

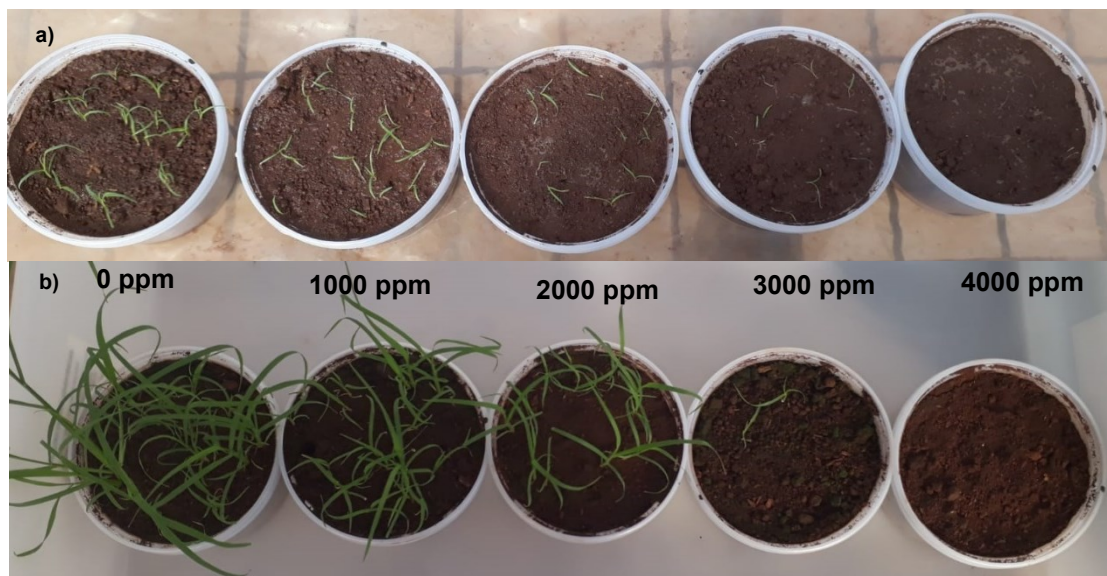


Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Observa-se também, que na maioria dos casos, há um aumento da nota conforme o transcorrer dos dias para cada concentração. Esse aumento é possivelmente justificado pelo mecanismo de ação da substância, visto que nos primeiros dias as plântulas se desenvolveram normalmente e no decorrer dos dias, começaram a surgir os primeiros sintomas de anormalidade, amarelamento das folhas e mortalidade das plântulas, ou seja, o efeito da substância não foi imediato.

Como observado na Figura 8a, até o 7º dia, o desenvolvimento das plântulas ocorre de forma semelhante, exceto na concentração 4000 ppm onde as plântulas já emergiram com anomalias. Na Figura 8b, no 28º dia, nota-se redução do desenvolvimento e do estande de plântulas, conforme ocorre o aumento da concentração. Outro fato visível é na concentração 3000 ppm, na primeira figura há a presença de diversas plântulas e, na segunda, observa-se redução nas quantidades das mesmas, devido a mortalidade das demais com o decorrer dos dias.

Figura 8 – Sequência do desenvolvimento das plântulas com o aumento da concentração na aplicação em pré-emergência de piplartina em *E. plana* Nees no a) 7º dia e b) 28º dia



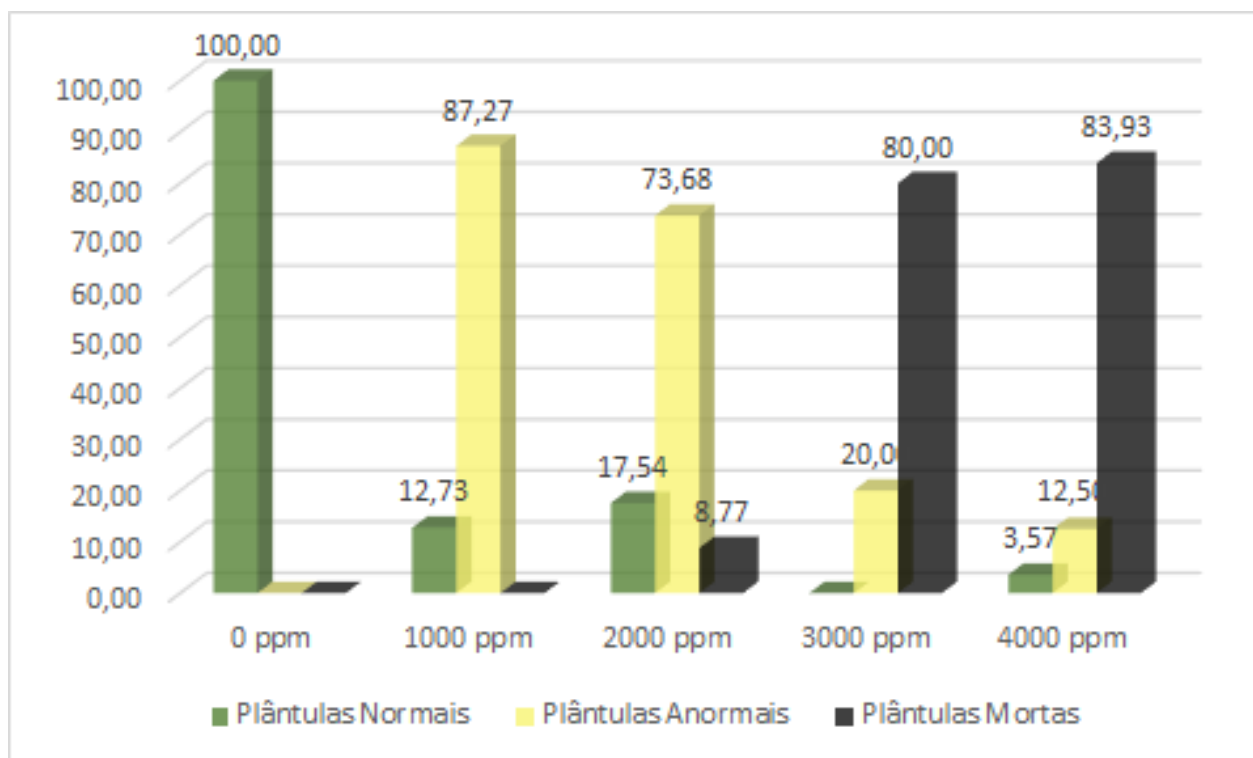
Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

Assim, pode-se inferir que a piplartina é eficiente, na modalidade de pré-emergência, visto que, com o aumento da concentração há um aumento da fitotoxicidade no teste de pré-emergência para a espécie *E. plana* Nees. Além do que, nas maiores concentrações pode-se observar altas taxas de mortalidade. O maior valor obtido foi de 95, sendo considerado como efeito severo em comparação com controle muito bom a eficiente.

5.1.1.1.5 Porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas

No último dia de análise, 28º dia, foi realizado a contagem de plântulas normais, anormais e mortas. Sendo consideradas plântulas anormais, as que apresentaram necrose e/ou alteração na coloração da parte aérea, mesmo que em pequenas extensões. Assim foi possível calcular a porcentagem de plântulas normais (PN), anormais (PA) e mortas (PM), por meio das equações 4, 5 e 6, com os resultados apresentados no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Porcentagens de plântulas normais, anormais e mortas da *E. plana* Nees na aplicação em de piplartina pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

O Gráfico 8 apresenta a porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas. É possível observar, que a partir da concentração 1000 ppm ocorre uma alta porcentagem de plântulas anormais (87,27%), com ausência de mortalidade. Na concentração 2000 ppm, observa-se 73,68% de mortalidade das plântulas, aumentando para 80 e 83,93% nas concentrações de 3000 e 4000 ppm, respectivamente. A porcentagem de anormalidade vai diminuindo conforme o aumento da concentração, na medida em que ocorre elevado aumento na porcentagem de mortalidade.

A variável PN apresenta uma não linearidade dos valores. Na concentração 4000 ppm apresenta baixa porcentagem de plântulas normais, fator que não ocorreu na concentração de 3000 ppm. É possível que isso tenha ocorrido por tratar-se de uma espécie invasora, e portanto, poderá apresentar maior variabilidade dentro da população de sementes. Por exemplo, algumas sementes podem ter velocidade de embebição mais lenta do que outras, o que implica em retardamento da absorção da solução contendo a piplartina e também em germinação e emergência tardias, visto que as demais plântulas já absorveram grande parte da solução.

Qualquer anormalidade ou pequena taxa de mortalidade, diminui a competitividade entre espécies, favorecendo o desenvolvimento da espécie de cultura, ou seja, aumenta a população, sendo importante para a economia, além de

ter implicações ecológicas favoráveis (SOUZA FILHO; RODRIGUES; RODRIGUES, 1997). LUSTOSA; OLIVEIRA; ROMEIRO, 2007 relatou presença de raízes anormais, com necroses e inversão do gravitropismo.

Portanto, a piplartina apresenta resultados satisfatórios em termos de anormalidade e mortalidade para a espécie *E. plana* Nees em pré-emergência, visto que observa-se alta porcentagem de anormalidade ou mortalidade nas plântulas. É importante ressaltar as altas porcentagens (superiores a 80%), de mortalidade nas concentrações 3000 e 4000 ppm.

5.1.1.1.6 Número de Folhas e perfilhos

Perfilhos são ramos que se desenvolvem a partir de gemas laterais ao ramo (Figura 9). No Gráfico 10 está sendo apresentado a somatória de folhas e perfilhos. Nota-se que, com o aumento da concentração, há redução tanto no número de folhas quanto no de perfilhos.

Figura 9 – Plântulas da espécie *E. plana* Nees, com presença de perfilhos.

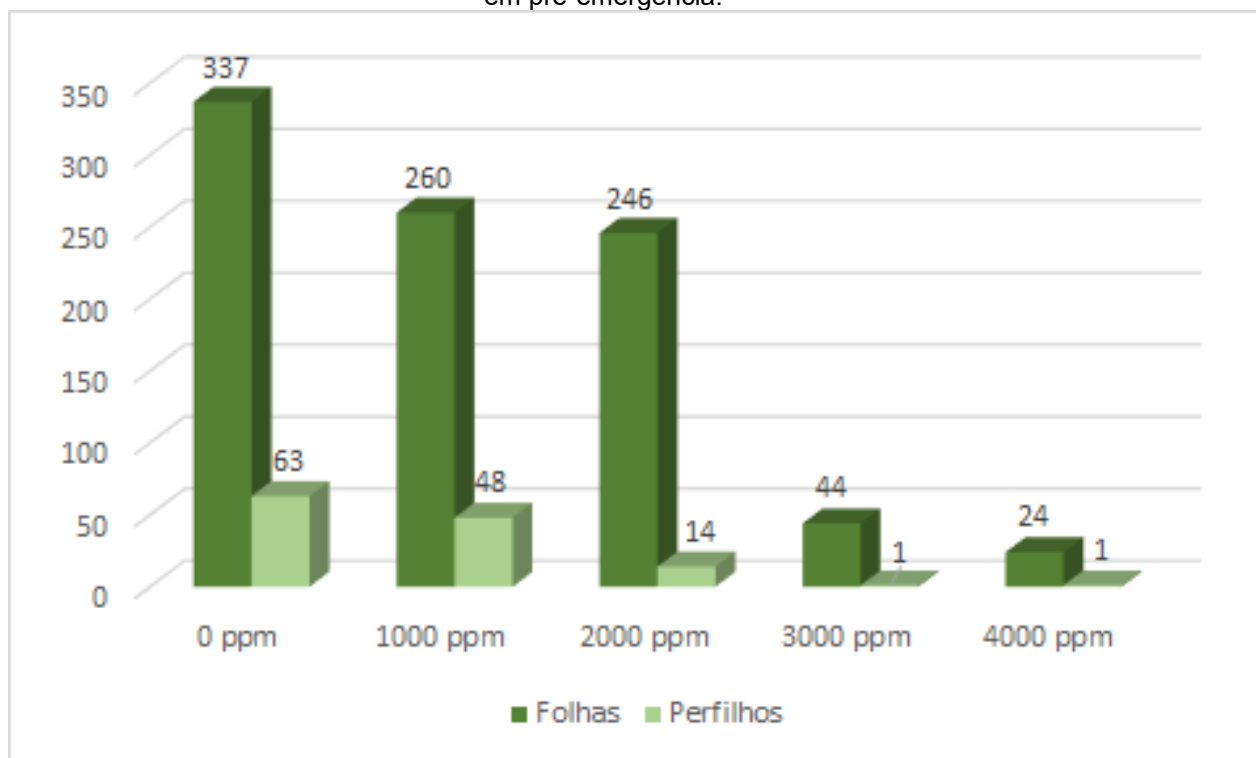


Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

O Gráfico 9, apresenta a somatória de folhas e perfilhos. Há redução percentual do número de folhas, de 22,85% e 27,00% nas concentrações de 1000 e 2000 ppm, respectivamente, e, redução brusca, de 86,94% e 92,88% nas concentrações 3000

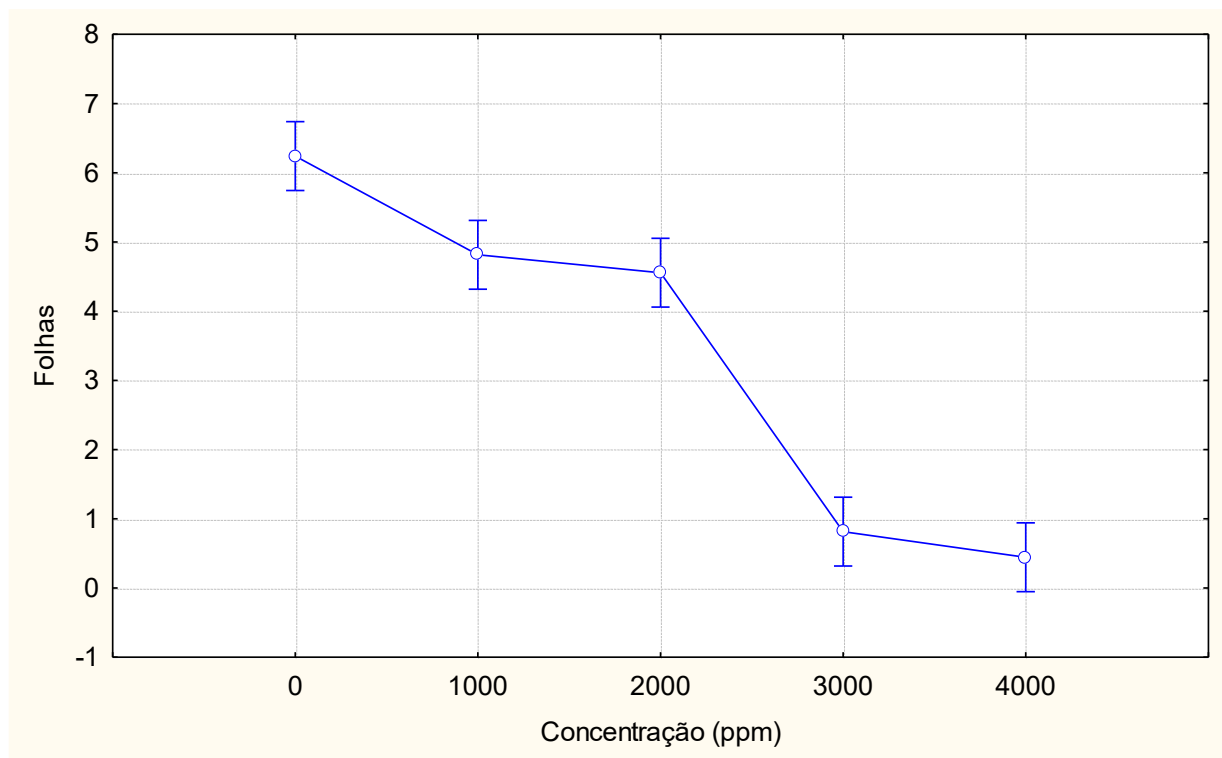
e 4000 ppm respectivamente. No Gráfico 10, correspondente ao intervalo de confiança de quantidade de folhas, observa-se que entre a concentração 1000 e 2000 ppm e 3000 e 4000 ppm não apresentam diferenças significativas entre si.

Gráfico 9 - Somatória do número de folhas e perfilhos da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

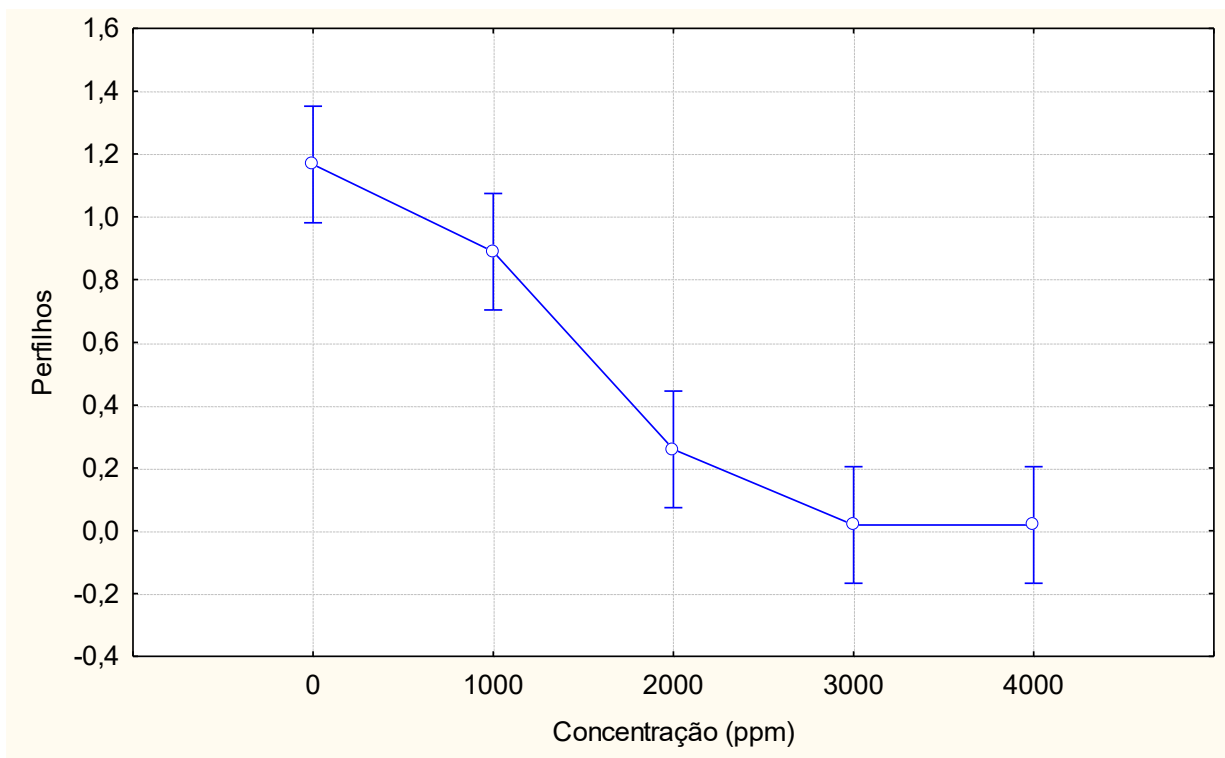
Gráfico 10 – Intervalo de confiança para a média do número de folhas da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Para o número de perfilhos (Gráfico 9), nota-se uma redução de 23,81% nesta variável entre a concentração de 1000 ppm e o controle (0 ppm), e uma brusca redução do número de perfilhos, de 77,72%, 98,41% e 98,41% entre as concentrações 2000, 3000 e 4000 ppm, respectivamente, em relação ao controle. Sendo que nas concentrações 3000 e 4000 ppm apresentam apenas 1 perfilhinho. No Gráfico 11, está sendo apresentado o intervalo de confiança da quantidade de perfilhos, sendo que observa-se que os grupos 0 e 1000 ppm, e 2000, 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si.

Gráfico 11 – Intervalo de confiança para a média do número de perfilhos da *E. plana Nees* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Nesse contexto, pode-se inferir que a piplartina aplicada na modalidade de pré-emergência interfere significativamente na redução de folhas e perfilhos de *E. plana Nees*. As concentrações 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si, para as duas variáveis. Além disso, essas concentrações foram as que mais apresentaram redução quando comparadas ao controle (0 ppm).

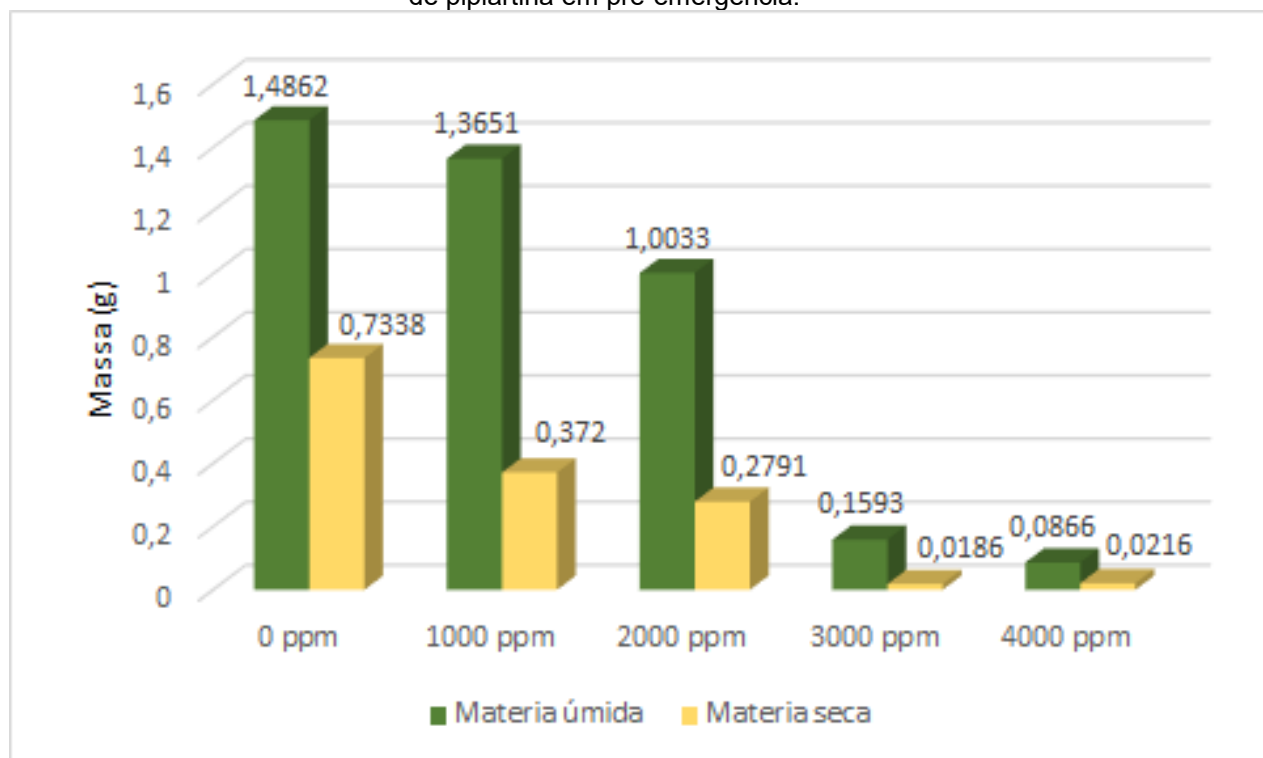
5.1.1.1.7 Matéria úmida e matéria seca

As médias de matéria úmida e matéria seca das partes aérea e radicular de plantas de *E. plana Nees*, que foram submetidas aos tratamentos com aplicação de soluções de piplartina, encontram-se nos Gráfico 12 e Gráfico 13.

As matérias úmidas e seca da parte aérea de plantas capimannoni-2 (Gráfico 12), foram reduzidas com o aumento da concentração das soluções de piplartina, principalmente nas concentrações 3000 e 4000 ppm, onde observa-se alta taxa de mortalidade, ou seja, apenas algumas plântulas sobreviveram. Há redução do percentual de matéria úmida, de 8,15% e 32,19% nas concentrações de 1000 e 2000 ppm respectivamente, e redução brusca de 89,28% e 94,17%, nas concentrações 3000 e 4000 ppm, respectivamente. Para a matéria seca, há redução de 19,31% e 62,00% nas concentrações de 1000 e 2000 ppm, respectivamente, além de, redução

brusca de 97,46% e 97,06%, nas concentrações 3000 e 4000 ppm, respectivamente. Nota-se também, que em todas as concentrações, ocorreu redução superior a 50% da umidade presente nas plântulas.

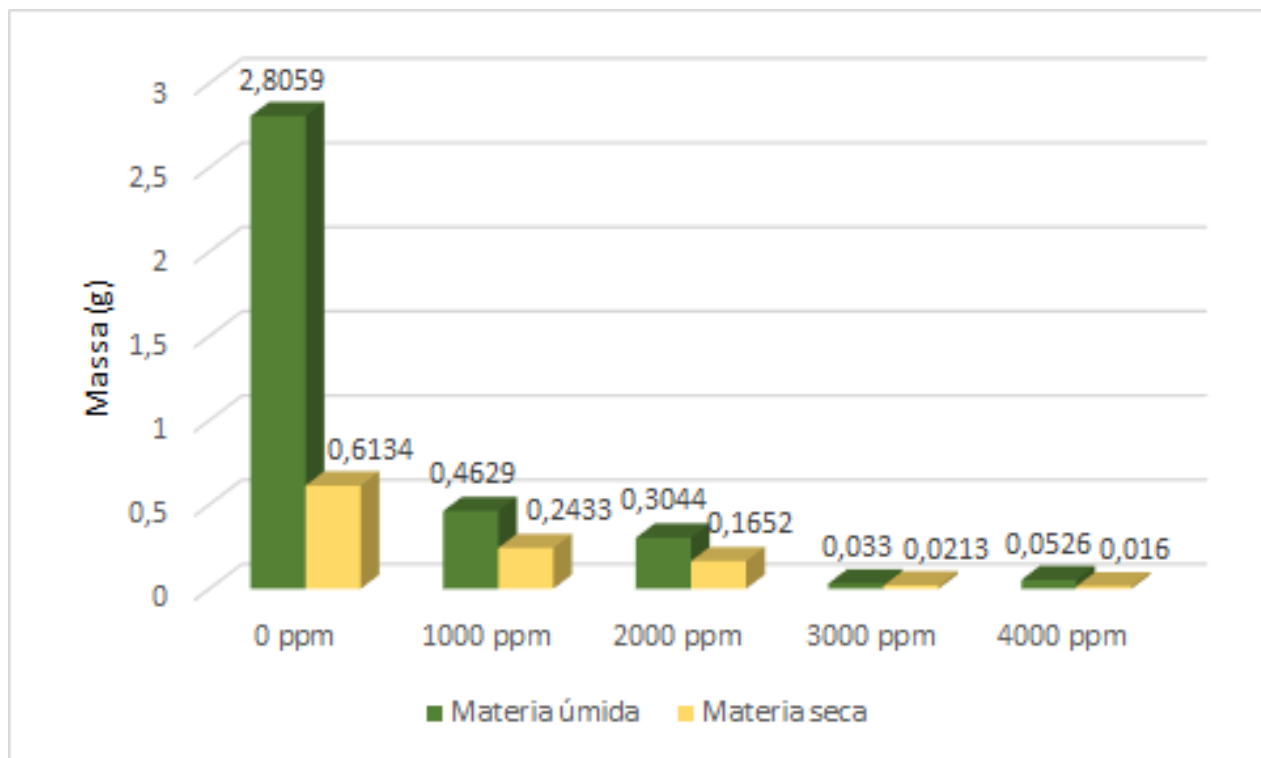
Gráfico 12 – Somatória das matérias úmida e seca das partes aéreas da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Gráfico 13 apresenta o sistema radicular, podendo-se observar comportamentos semelhantes da parte aérea, exceto pela matéria úmida na concentração de 4000 ppm, que apresentou massa superior a da 3000 ppm. Entretanto, em relação à matéria seca, apresentou comportamento linear. Há redução brusca de percentual de matéria úmida, de 83,5%, 89,15%, 98,82% e 98,12% nas concentrações de 1000, 2000, 3000 e 4000 ppm, respectivamente. Para a matéria seca, há redução de 60,33% e 73,07% nas concentrações de 1000 e 2000 ppm, respectivamente, e uma redução brusca, de 96,53% e 97,39% nas concentrações 3000 e 4000 ppm. Em termos de redução de umidade, as concentrações 1000, 2000 e 3000 ppm apresentaram redução inferior à 50%. Entretanto, as concentrações 0 e 4000 ppm apresentaram valores superiores 69%.

Gráfico 13 – Somatória das matérias úmida e seca do sistema radicular da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Os valores elevados em termos de massa da matéria úmida e de redução de umidade, quando comparado o controle, 0 ppm às demais concentrações, podem ser justificados pela espessura de algumas raízes, como demonstrado em destaque na Figura 10. O controle (0 ppm) apresenta elevado valor de matéria úmida no sistema radicular, pois não há aplicação de solução, e há acúmulo de água nos tecidos.

Figura 10 – Sistemas radiculares da espécie *E. plana* Nees na concentração 0 ppm no teste de pré-emergência.



Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

Neste contexto, nota-se que a piplartina apresenta resultados satisfatórios, visto que apesar de alguns fatores de interferência, é notável que conforme o aumento da concentração há redução nos valores da matéria úmida e seca no teste de pré-emergência na espécie *E. plana Nees*. Tendo destaque, as concentrações de 3000 e 4000 ppm, onde há uma redução elevada quando comparadas as demais. Entretanto, quando faz-se a comparação entre as duas, a diferença é menor que as demais.

5.1.1.2 Pós emergência

5.1.1.2.1 Comprimento da Parte aérea

Após uma semana da aplicação das soluções foi iniciada, semanalmente, a medição do comprimento das partes aéreas das plântulas até completar 28 dias de análise. Assim obteve-se os seguintes resultados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Somatória e médias dos comprimentos das partes aéreas da *E. plana Nees* na aplicação em pós-emergência de piplartina.

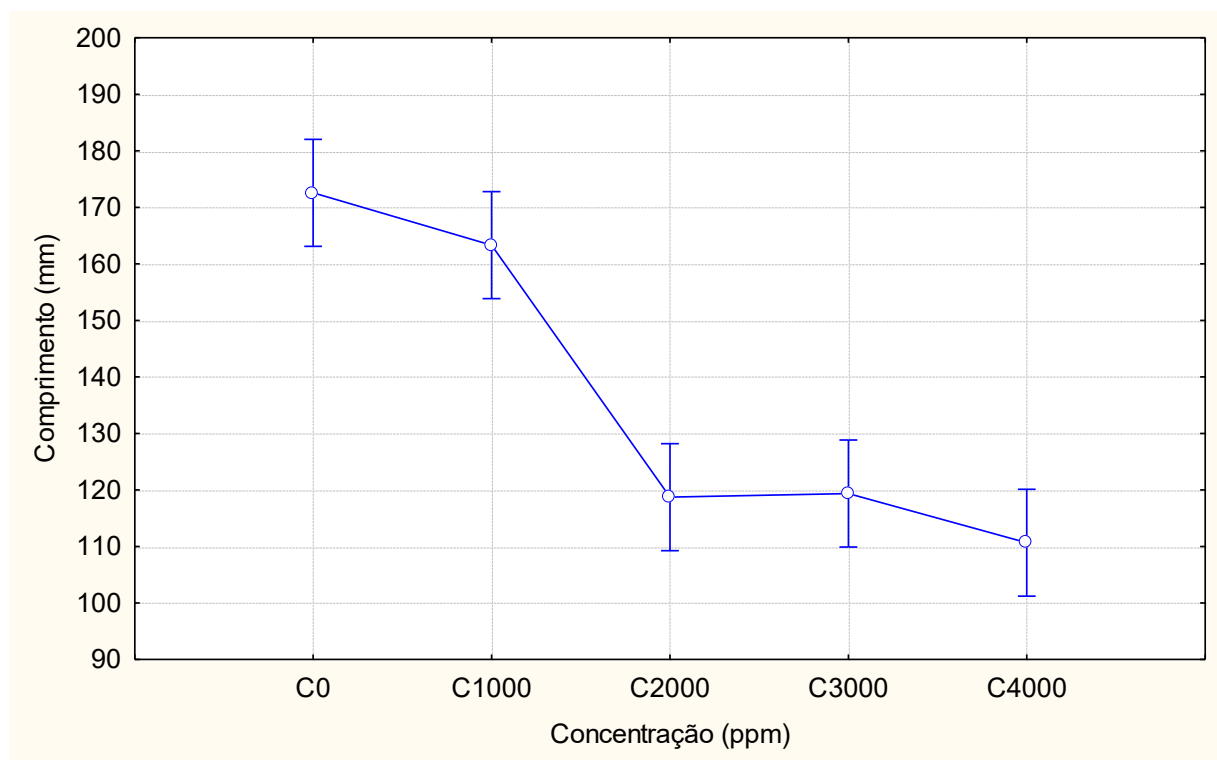
Tempo (dias)	Concentração (ppm)	Comprimento (mm)	Média (mm)
T7	C0	2665,37	111,06
T14	C0	3331,78	138,82

T21	C0	4136,06	179,83
T28	C0	6274,82	261,45
T7	C1000	2039,81	84,99
T14	C1000	2868,87	130,40
T21	C1000	4317,61	179,90
T28	C1000	6285,61	261,90
T7	C2000	1587,4	66,14
T14	C2000	1882,79	81,86
T21	C2000	2839,03	118,29
T28	C2000	4996,14	208,17
T7	C3000	1362,46	56,77
T14	C3000	1858,24	80,79
T21	C3000	2934,41	122,27
T28	C3000	5204,49	216,85
T7	C4000	1311,54	54,65
T14	C4000	1734,89	72,29
T21	C4000	2716,71	113,20
T28	C4000	4746,54	206,37

Assim foi possível realizar testes estatísticos, sendo inicialmente realizado o teste de normalidade, para confirmar a hipótese e, dessa forma, realizar os demais testes. Os testes de normalidade confirmaram a hipótese, sendo $p < 0,01$. Em seguida foi realizado o teste de ANOVA de dois fatores para analisar as diferenças significativas entre pares, resultados apresentados no Gráfico 14.

Por meio do Gráfico 14 foi possível observar que as concentrações 0 e 1000 ppm, 2000, 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si. Nota-se também que a partir da concentração 2000 ppm há uma brusca queda no comprimento da parte aérea das plântulas, quando comparadas às concentrações menores, 0 e 1000 ppm. Há redução percentual pequena do comprimento da parte aérea, de 5,37%, 30,83%, 31,20% e 35,87% nas concentrações de 1000, 2000, 3000 e 4000 ppm, respectivamente.

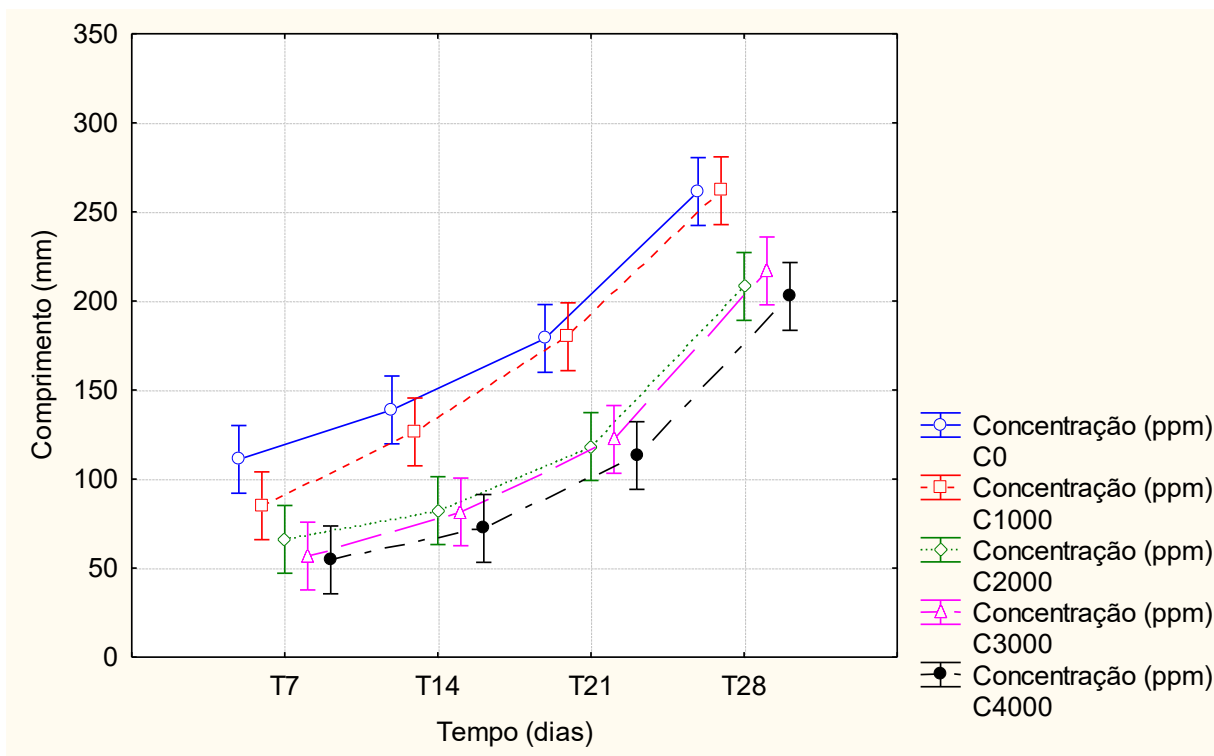
Gráfico 14 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos das partes aéreas da *E. plana Nees* na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Por meio dos testes de ANOVA também foi possível obter o Gráfico 15, de intervalo de confiança em função das duas variáveis, tempo e concentração, para melhor entendimento das análises dos dados. Nota-se que conforme o decorrer dos dias, há aumento no comprimento da parte aérea em todos os tratamentos com aplicação de piplartina, o que indica que a substância não exerce grande interferência no crescimento das plântulas, comparativamente à aplicação em pré-emergência. Entretanto, quando comparadas as maiores concentrações, 2000, 3000 e 4000 ppm, com as concentrações menores, 0 e 1000 ppm, nota-se que há redução no crescimento, em percentuais que variaram de acordo com a concentração e o tempo após a aplicação.

Gráfico 15 – Intervalo de confiança das médias dos comprimentos das partes aéreas da *E. plana* Nees em função das variáveis tempo e concentração, na aplicação de piplartina em pós-emergência



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Em seguida, foi realizado o teste de Tukey, na média dos diferentes tempos de avaliação (Tabela 9), confirmando os resultados obtidos no teste de ANOVA. Sendo assim, confirma-se que não há diferença significativa entre as concentrações 0 e 1000 ppm e que estas apresentam comprimento da parte aérea superiores às concentrações 2000, 3000 e 4000 ppm. Os grupos 0 e 1000 ppm e 2000, 3000 e 4000 ppm apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os grupos.

Tabela 9 – Teste de Tukey para as médias dos comprimentos das partes aéreas da *E. plana Nees* na aplicação de piplartina em pós-emergência.

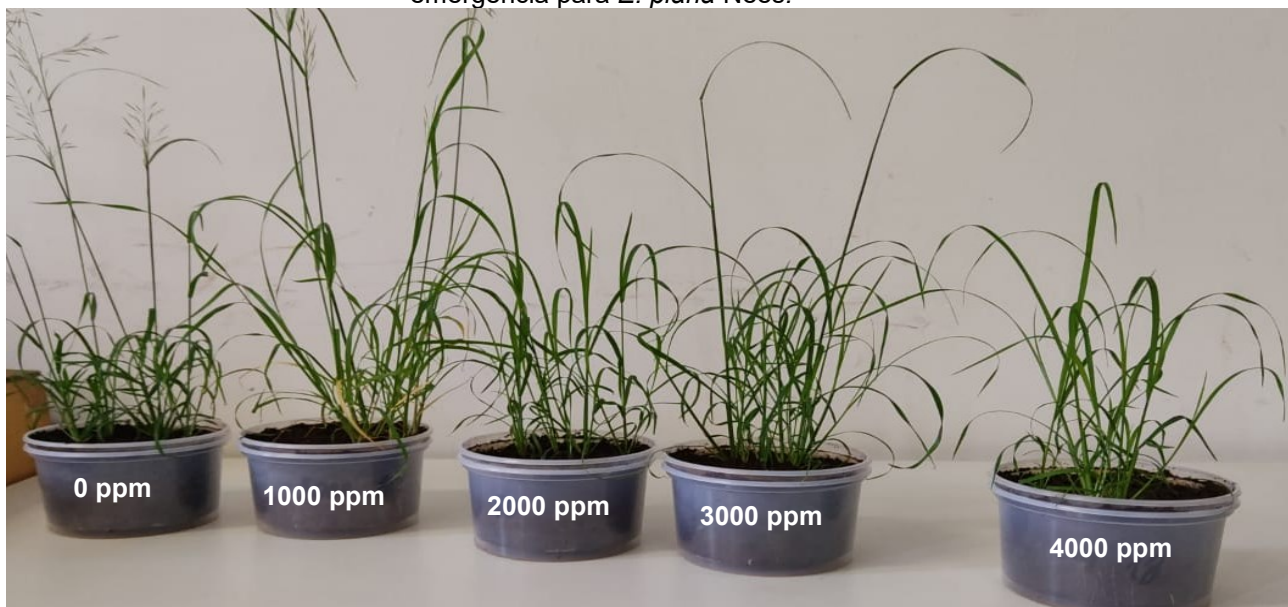
Concentração (ppm)	Comprimento (mm)
C0	172,57 ^a
C1000	163,31 ^a
C2000	119,36 ^b
C3000	118,72 ^b
C4000	110,67 ^b

As plantas do gênero *Piper* liberam metabólitos secundários que afetam no desenvolvimento de ervas daninhas em pós-emergência. As espécies daninhas dicotiledôneas foram as mais afetadas pela aplicação de extratos de *Piper* em pós-emergência. O efeito mais evidente foi em termo de redução da parte aérea devido à presença de clorose moderada (MENDOZA F.; CELIS F.; PACHÓN S., 2014).

Nesse contexto, observa-se, por meio dos Gráfico 14, Tabela 9 e Figura 11, que há redução no crescimento da parte aérea das plântulas, conforme o aumento da concentração. Na Figura 11, é visível que com o aumento da concentração há

esta redução. Assim, pode-se relatar que a aplicação de piplartina na modalidade de pós-emergência, nas concentrações 2000, 3000 e 4000 ppm provoca redução do comprimento da parte aérea das plantas de *E. plana* Nees.

Figura 11 – Sequência do crescimento das plântulas com aumento da concentração em pós-emergência para *E. plana* Nees.



Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

5.1.1.2.2 Comprimento do sistema radicular

Os comprimentos dos sistemas radiculares das plântulas, após a aplicação das diferentes concentrações de piplartina encontram-se na Tabela 10.

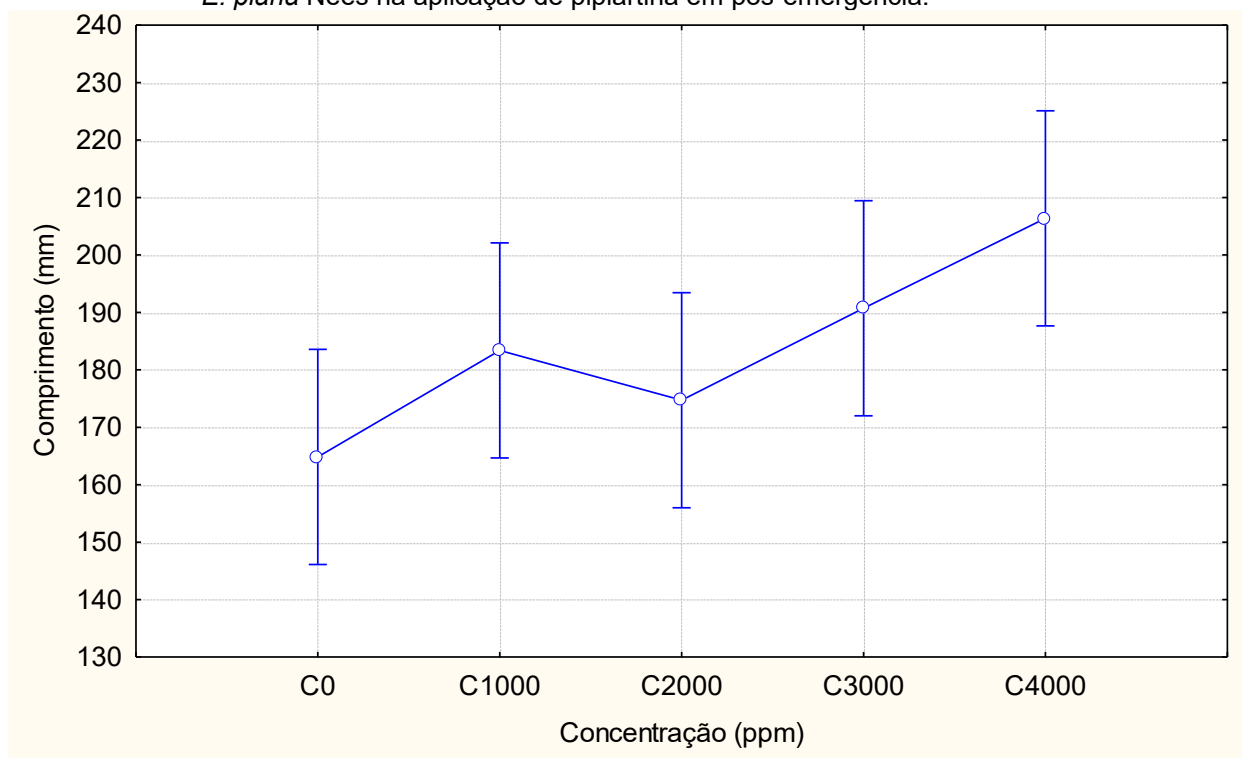
Tabela 10 – Somatória e teste de Tukey da média dos comprimentos dos sistemas radiculares da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.

Concentração (ppm)	Comprimento (mm)	Média (mm)
C0	3956	164,83 ^a
C1000	4401	183,37 ^{ab}
C2000	4193	174,71 ^{ab}
C3000	4577	190,71 ^{ab}
C4000	4953	206,37 ^b

O Gráfico 16, apresenta o intervalo de confiança para a média do comprimento radicular, mostra também que os grupos 0, 1000, 2000 e 3000 ppm, e 3000 e 4000 ppm não apresentam diferenças significativas. Há aumento do percentual do comprimento do sistema radicular, de 11,24%, 5,99%, 15,70% e 25,20% nas concentrações de 1000, 2000, 3000 e 4000 ppm, respectivamente. Com o auxílio do Gráfico (16) é possível visualizar que não ocorre um decrescimento linear com o aumento da concentração, fator esperado devido a ocorrência da linearidade no

comprimento da parte aérea. É possível que a ausência de diferenças entre concentrações esteja relacionada à limitação de espaço interno dos vasos para o desenvolvimento das raízes, fator que pode ter reduzido o potencial de crescimento das plantas nos tratamentos que sofreram menor efeito da aplicação de piplartina. Esse efeito redutor do potencial de crescimento pode ter nivelado o crescimento radicular entre as distintas concentrações.

Gráfico 16 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos dos sistemas radiculares da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

A Tabela 10, apresenta os resultados do teste de Tukey para o comprimento do sistema radicular, confirmando os grupos que não apresentaram diferenças significativas entre si. Além de demonstrar que as concentrações 0 (controle) e 4000 ppm foram as únicas concentrações que apresentaram diferenças significativas entre si.

Assim, é possível observar que a princípio, a piplartina não apresenta interferência no comprimento do sistema radicular das plântulas no teste de pós-emergência para a espécie *E. plana* Nees. Sendo a interferência visível no Gráfico 16 explicada pelo desenvolvimento elevado das raízes nas menores concentrações.

5.1.1.2.3 Fitotoxicidade

A análise semanal da fitotoxicidade das plântulas após a aplicação das diferentes soluções encontra-se na Tabela 11.

Tabela 11 – Avaliação fitotóxica pela escala Frans, na aplicação em pós-emergência de piplartina em *E. plana* Nees.

Dia 7					
Concentração (ppm)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Média
1000	20	20	20	20	20,00
2000	25	25	25	20	23,75
3000	25	15	30	35	28,75
4000	20	35	40	40	33,75
Dia 14					
1000	20	20	20	20	20,00
2000	25	25	25	20	23,75
3000	25	15	30	35	28,75
4000	20	35	40	40	33,75
Dia 21					
1000	20	20	20	20	20,00
2000	25	25	25	20	23,75
3000	25	15	30	35	28,75
4000	20	35	40	40	33,75
Dia 28					
1000	20	20	20	20	20,00
2000	25	25	25	20	23,75
3000	30	15	30	40	28,75
4000	20	35	40	40	33,75

Observando o Gráfico 17, é visível que não houve alteração na fitotoxicidade no decorrer dos dias, ou seja, nos primeiros dias surgiram os primeiros sintomas de amarelamento das folhas e na sequência dos dias, o amarelamento persistiu, mas o experimento não apresentou mais anormalidades. No entanto mesmo que a diferença tenha sido pequena, houve um aumento na fitotoxicidade com o aumento da concentração. Essas notas foram atribuídas pelo surgimento de folhas amarelas e pela redução, embora pequena, no desenvolvimento das plantas, como demonstrados na Figura 12. Porém o maior valor apresentado foi de 33,8, sendo este efeito considerado leve, típico de um controle pobre a deficiente.

Gráfico 17 – Médias dos valores da avaliação fitotóxica pela escala de Frans na aplicação de piplartina em pós-emergência de *E. plana* Nees.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Figura 12 – Sequência do desenvolvimento das plântulas com o aumento da concentração na aplicação em pós-emergência de piplartina em *E. plana* Nees no 28º dia.



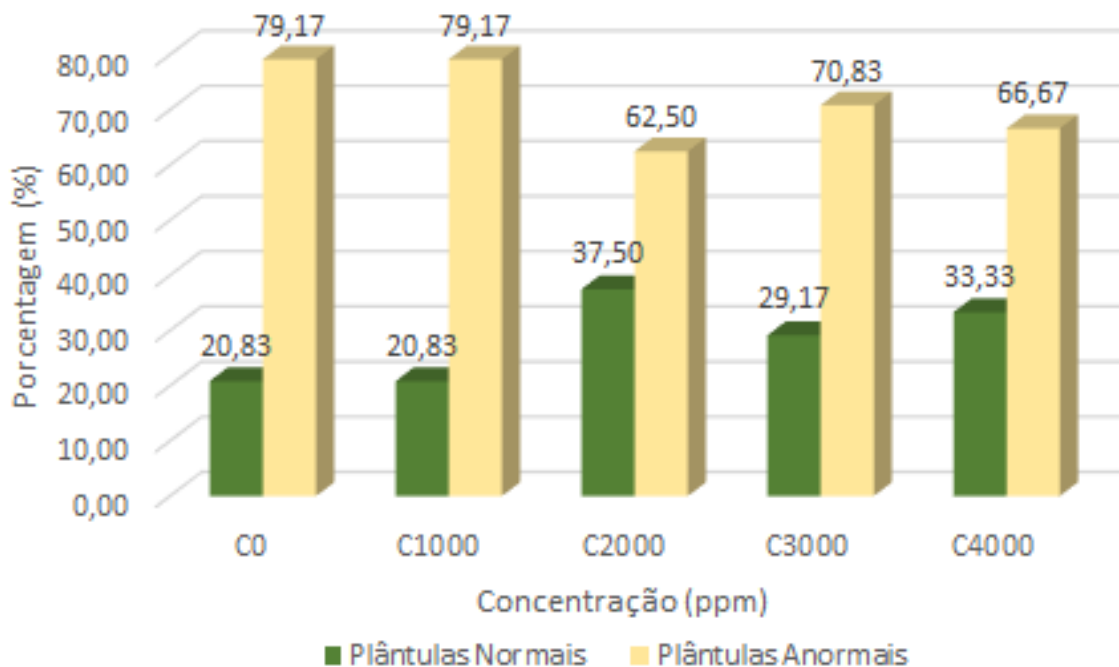
Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

Nesse contexto, a piplartina se mostra pouco eficiente em termos de comprimento e volume das plântulas no teste de pós-emergência para a espécie *E. plana* Nees, com o aumento da concentração, ainda que as notas fitotóxicas sejam baixas. Em termos de sintomas, com amarelamento, não se mostrou eficiente visto que no próprio controle apresentou esse sintoma. Além do maior valor apresentado ser de 33,75, ou seja, sendo considerado efeito leve com controle pobre a deficiente.

5.1.1.2.4 Porcentagem de plântulas normais e anormais

A porcentagem de plântulas normais e anormais, no último dia, encontram-se no Gráfico 18.

Gráfico 18 – Gráfico das porcentagens de plântulas normais e anormais da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

O Gráfico 18 apresenta a porcentagem de plântulas normais e anormais. Nota-se que nos testes de pós-emergência não foi observada mortalidade em nenhuma das concentrações. O surgimento de anormalidade foi em termos de folhas amareladas, sendo que a porcentagem máxima de anormalidade foi de 37,50%, demonstrada na Figura 13. Assim é possível relacionar estas anormalidades ao desenvolvimento das plântulas. Ou seja, nos potes que apresentaram maior desenvolvimento, por exemplo pelo comprimento da parte aérea, houve competitividade pelos fatores essenciais de sobrevivência, ocasionando o surgimento das folhas amareladas, como resultado dessa escassez dos fatores essenciais em determinado momento.

Figura 13 – Plântulas de *E. plana* Nees e surgimento de folhas amareladas (consideradas como anormais).



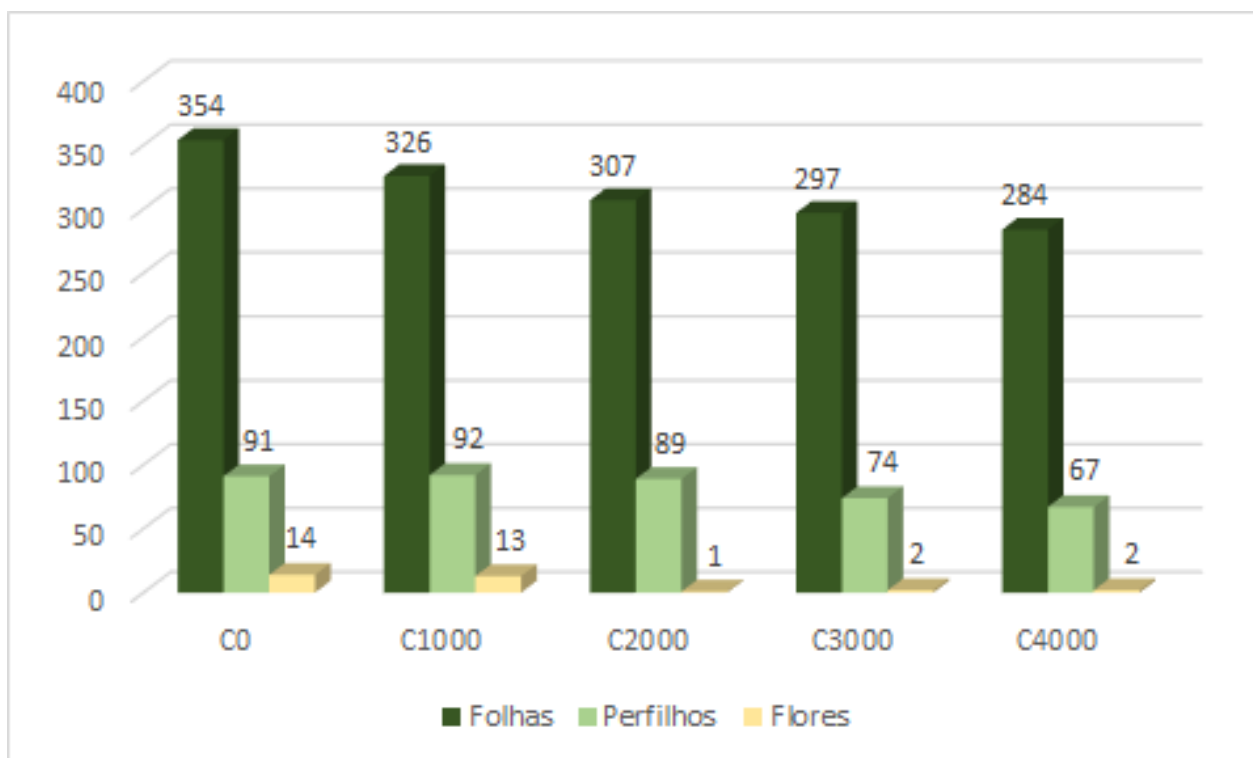
Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

Nesse contexto, nota-se que a piplartina não interfere em termos de mortalidade e anormalidade no teste de pós-emergência para a espécie *E. plana* Nees, visto que não ocorreu nenhuma morte de plântulas e o controle apresentou o mesmo amarelamento nas folhas que as demais concentrações. Portanto, considera-se que esta anormalidade seja devido a própria competitividade das plântulas em um espaço restrito.

5.1.1.2.5 Número de folhas, perfilhos e inflorescências

A somatória do número de folhas, perfilhos e inflorescências em cada concentração, encontra-se no Gráfico 19.

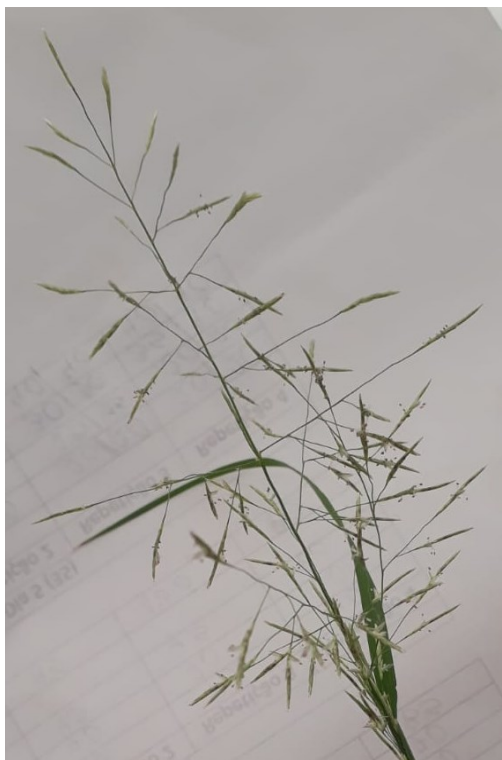
Gráfico 19 – Somatória do número de folhas, perfilhos e inflorescências de *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

O Gráfico 19 mostra o número de folhas, perfilhos e inflorescências em cada concentração. Nota-se que para as variáveis número de folhas e perfilhos, há redução na quantidade quando aumentada a concentração. Para a variável número de inflorescências (Figura 14), há redução com o aumento da concentração, exceto para a concentração 2000 ppm que apresenta uma flor a menos que nas concentrações 3000 e 4000 ppm. Entretanto, é notável que há redução nas maiores concentrações. Há redução percentual do número de inflorescências, de 7,14% na concentração de 1000 ppm e uma redução brusca, de 92,85%, 85,71% e 85,71% nas concentrações 2000, 3000 e 4000 ppm, respectivamente.

Figura 14 – Inflorescências tipo panícula da espécie *E. plana* Nees durante o experimento de pós-emergência



Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

No Gráfico 20, pode-se observar a quantidade média de folhas em cada concentração, nota-se que houve uma leve redução na quantidade média de folhas conforme o aumento da concentração. Entretanto não apresentaram diferenças significativas entre todas as concentrações.

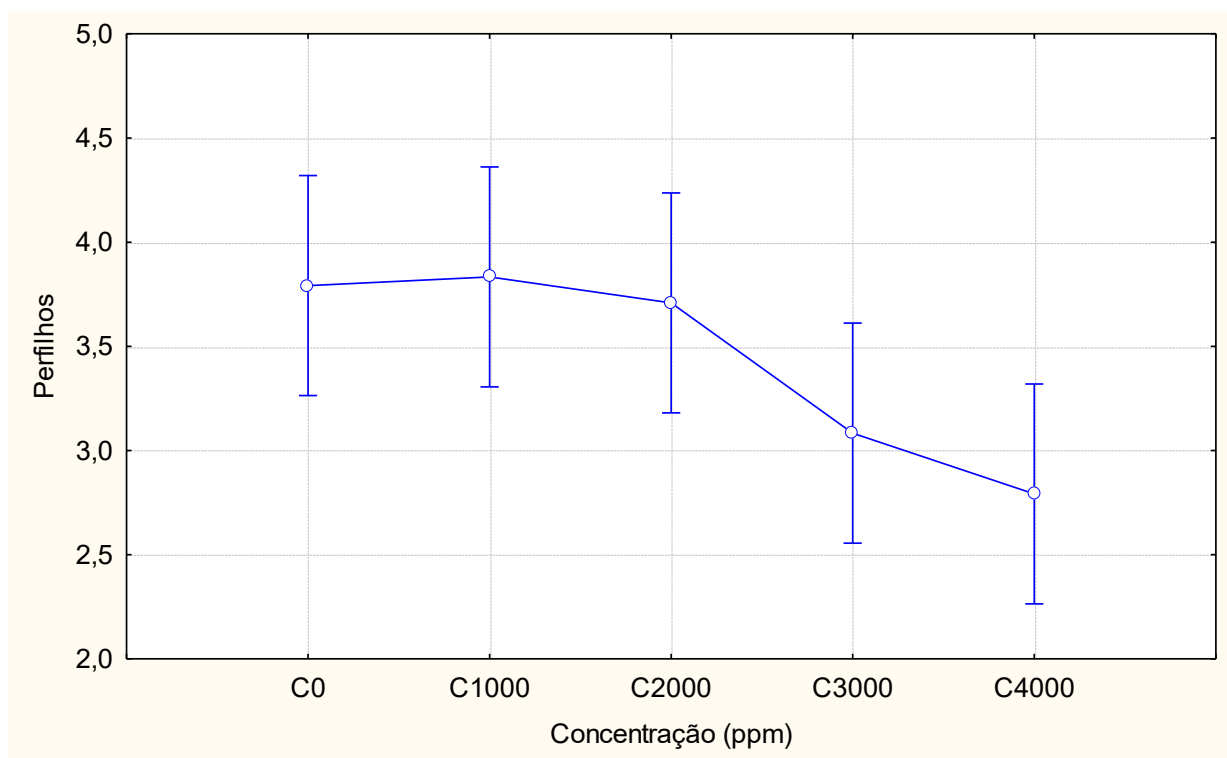
Gráfico 20 – Intervalo de confiança para as médias dos números de folhas de *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

O Gráfico 21, demonstra a quantidade média de perfilhos por concentração. Neste gráfico observa-se que também há redução na quantidade média de perfilhos com o aumento da concentração, exceto na concentração de 1000 ppm. Entretanto, não ocorreram diferenças significativas entre as concentrações.

Gráfico 21 – Intervalo de confiança para média do número de perfilhos da *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.



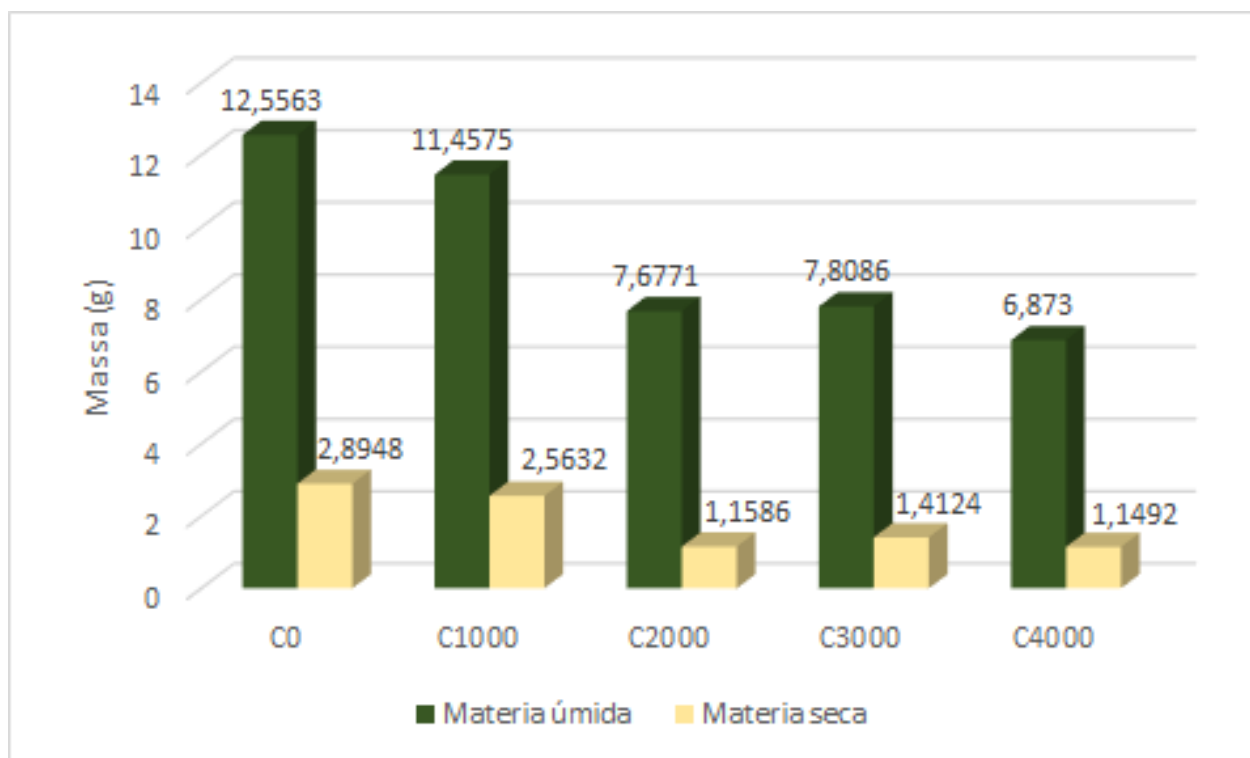
Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Nesse contexto, apesar da redução das três variáveis, folhas, perfílios e flor, com o aumento da concentração, não foram constatadas diferenças estatísticas entre as concentrações. Dessa forma, pode-se inferir que a aplicação de piplartina em pós-emergência de *E. plana* Nees não apresenta resultados satisfatórios em termos de redução das três variáveis.

5.1.1.2.6 Matéria úmida e seca

A massa da matéria úmida e seca das partes aéreas e radicular estão representadas nos Gráfico 22 e Gráfico 23, respectivamente.

Gráfico 22 – Somatória das matérias úmida e seca da parte aérea de *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.

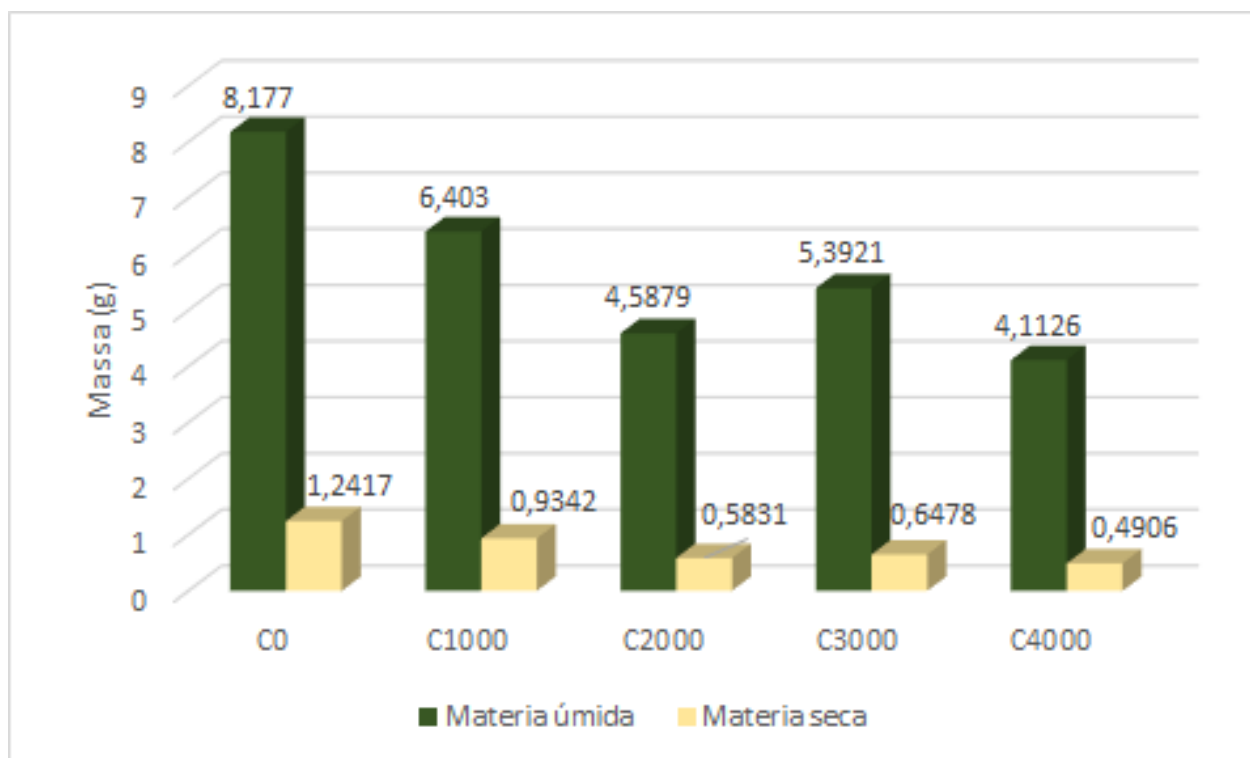


Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Por meio do Gráfico 22, é possível observar a relação entre a matéria úmida e seca da parte aérea das plântulas. Observa-se que há redução tanto de matéria úmida quanto na matéria seca, com o aumento da concentração, exceto na concentração de 3000 ppm, onde há discreto aumento na massa de ambas. A redução percentual máxima da matéria úmida é de 45,26% e da matéria seca de 60,30%. Outro fator observado é em termos de redução de água, sendo superior a 77% em todas as concentrações.

Por meio do Gráfico 23, observa-se a relação entre matéria úmida e seca do sistema radicular das plântulas. Observa-se também que com o aumento da concentração há a redução na massa de ambas as matérias, exceto pela concentração de 3000 ppm que apresenta pequeno aumento dos valores. Há redução percentual máxima da matéria úmida de 49,70% e da matéria seca de 60,49%. Na redução de água da parte radicular das plantas, todas as concentrações apresentaram porcentagens superiores a 84%.

Gráfico 23 – Somatória das matérias úmida e seca dos sistemas radiculares de *E. plana* Nees na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Dessa forma, considera-se que os resultados são satisfatórios, sendo que, as soluções de piplartina interferem tanto na massa de matéria úmida no teste de pós-emergência para a espécie *E. plana* Nees, com redução de valores superiores a 45% (quando comparadas a C0 com C4000) quanto de matéria seca, cujos valores de redução foram superiores a 60%, para ambas as partes das plântulas. Apesar do pequeno aumento das massas na concentração 3000 ppm, entretanto, quando comparada essa concentração ao controle há uma redução considerável.

5.1.2 *Bidens pilosa* (Picão preto)

5.1.2.1 Pré emergência

5.1.2.1.1 Índice de emergências

O tempo médio de emergência (TME), Porcentagem de emergência (PE) e Índice de velocidade de emergência (IVE), estão representados na Tabela 12.

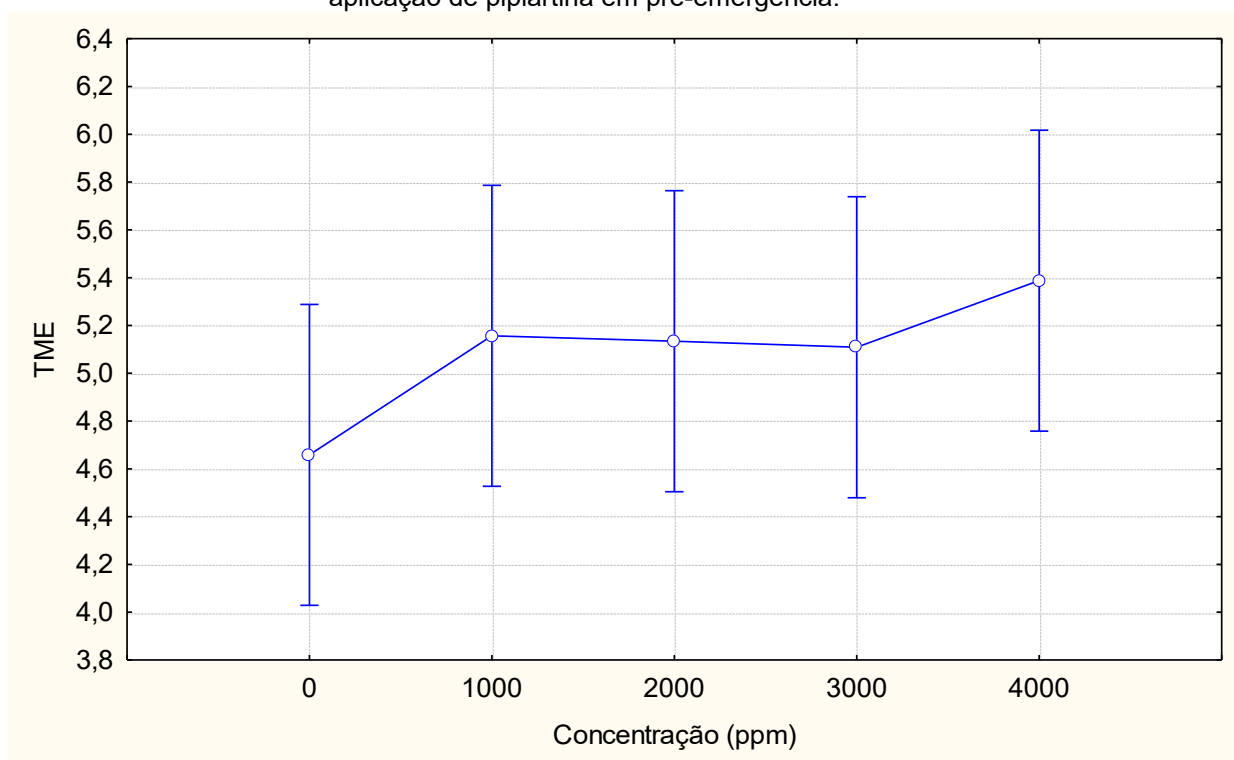
Tabela 12 – Médias obtidas para TME, PE e IVE para *B. pilosa* na aplicação em pré-emergência de piplartina.

Controle		
TME	PE	IVE

4,66	70,00	2,31
1000 ppm		
5,16	81,67	2,55
2000 ppm		
5,13	75,00	2,43
3000 ppm		
5,11	71,67	2,27
4000 ppm		
5,39	66,67	1,97

Por meio do Gráfico 24, observamos a variável TME para cada concentração. É visível que não apresentaram diferença significativas entre si em todas as concentrações. Entretanto nota-se que há aumento do TME conforme o aumento da concentração, quando comparada ao controle. Fator interessante visto que este aumento no TME pode resultar na redução de competitividade com as plantas cultivadas.

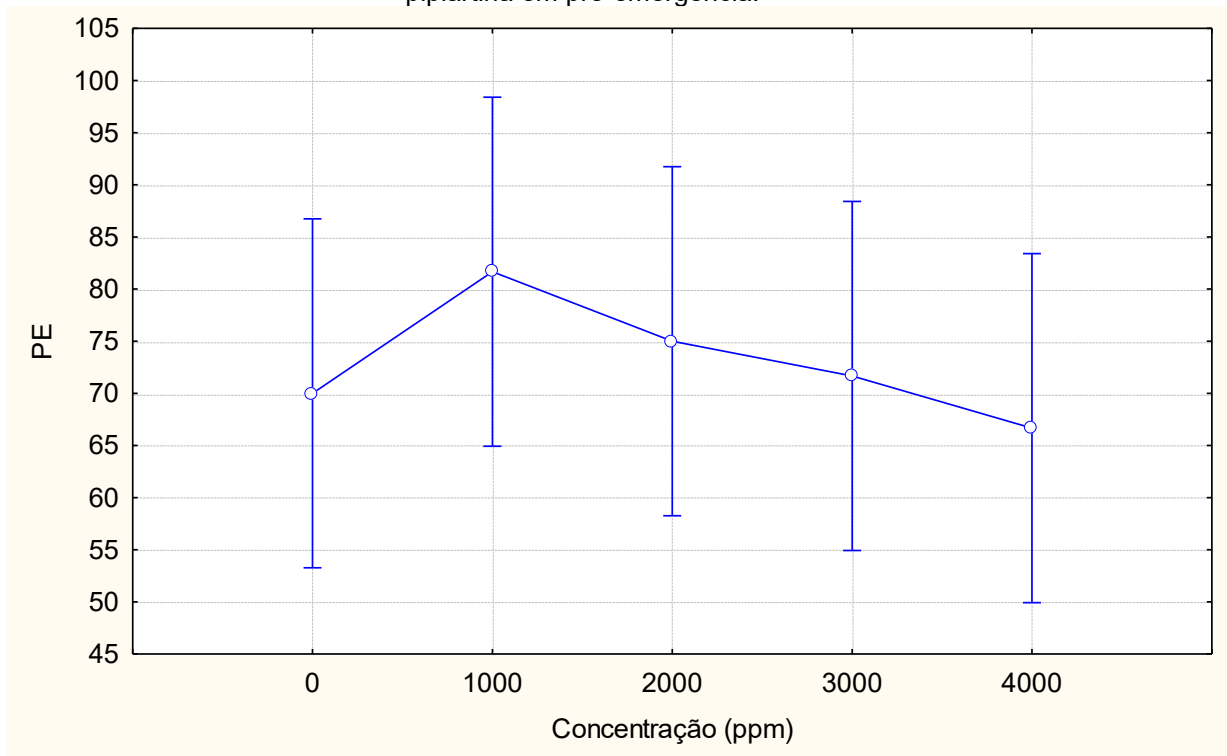
Gráfico 24 – Gráfico do intervalo de confiança para a média da variável TME para *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

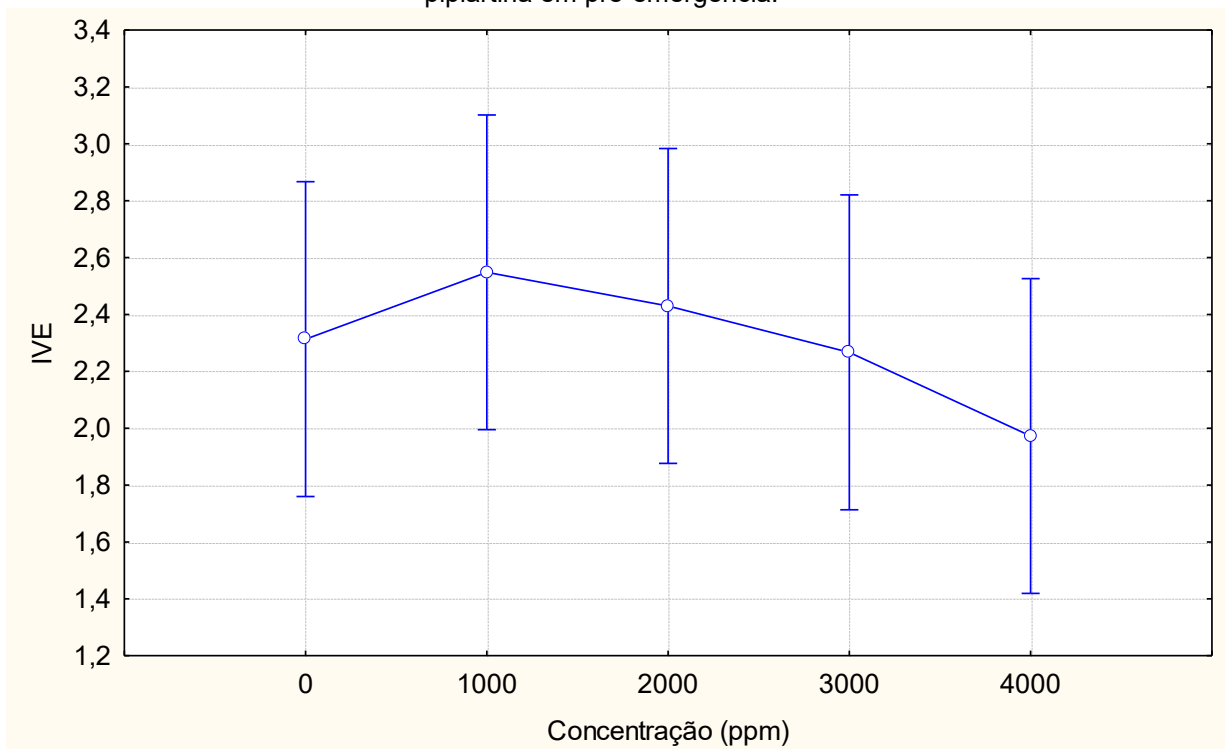
O Gráfico 25 mostra a porcentagem de emergência das sementes. Nota-se também que não há diferenças significativas entre si para todas as concentrações. O Gráfico 26 apresenta a variável IVE para cada concentração. Como nos demais gráficos, não apresentaram diferenças significativas entre todas as concentrações.

Gráfico 25 – Intervalo de confiança para a média da variável PE para *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Gráfico 26 – Intervalo de confiança para a média da variável IVE para *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

FAVARETTO (2018), relatou em seus estudos, que extratos de *Capim-annoni-2*, bem como diferentes frações desses extratos, apresentaram atividade fitotóxica sobre algumas espécies de plantas daninhas, incluindo a espécie *B. pilosa*, cujas sementes apresentaram uma redução na germinação e no IVG, conforme foram tratadas com valores crescentes de concentrações dos extratos e/ou frações.

Por meio dos três gráficos, Gráfico 24, Gráfico 25 e Gráfico 26, nota-se uma não linearidade dos dados, visto que espera-se um decréscimo linear. Outro fator observado não somente nessa seção, mas também nas demais seções, é o aumento das variáveis na concentração de 1000 ppm quando comparada com o controle (0 ppm). Sendo possivelmente explicado pela quantidade de plântulas emergentes serem superior na C1000 ppm do que nas demais concentrações. Esses fatores podem ser explicados pelas próprias condições das sementes. Assim pode-se relatar que a piplartina não influencia as variáveis de TME, PE e IVE no teste de pré-emergência para a espécie *E. plana* Ness, visto que não apresentaram diferenças significativas entre as concentrações.

5.1.2.1.2 Parte aérea

O comprimento da parte aérea, avaliado semanalmente, após a germinação, apresentou os resultados que constam na Tabela 13.

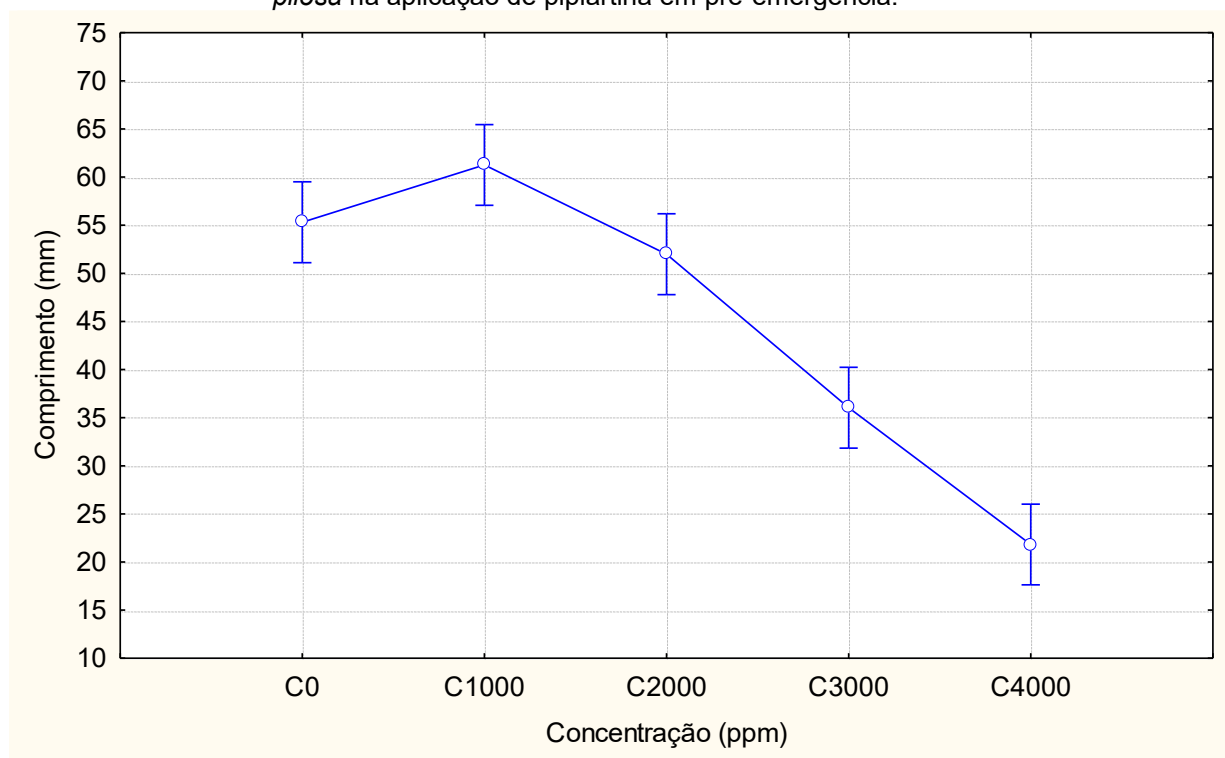
Tabela 13 – Comprimentos e médias dos comprimentos das partes aéreas para *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.

Tempo (dias)	Concentração (ppm)	Comprimento (mm)	Média (mm)
T7	C0	2237,27	37,29
T14	C0	2800,26	47,46
T21	C0	3258,86	54,31
T28	C0	3721,68	62,03
T35	C0	4515,62	141,11
T7	C1000	2262,06	37,701
T14	C1000	2974,98	49,583
T21	C1000	3693,67	61,56
T28	C1000	4520,21	75,34
T35	C1000	4927,28	82,12
T7	C2000	1946,52	32,44
T14	C2000	2449,08	40,82
T21	C2000	2904,65	48,41
T28	C2000	3597,45	59,96
T35	C2000	4696,85	78,28
T7	C3000	1680,57	28,01
T14	C3000	1961,49	32,69
T21	C3000	2095,06	35,51
T28	C3000	2332,38	38,87
T35	C3000	2717,74	45,30
T7	C4000	1487,86	25,22

T14	C4000	1538,57	26,08
T21	C4000	1286,74	21,45
T28	C4000	1045,07	17,42
T35	C4000	1081,7	18,03

No Gráfico 27, pode-se observar o intervalo de confiança para a média do comprimento da parte aérea da plântula, também observa-se o mesmo comportamento dos dados nas demais variáveis. Apesar disso, os restantes dos dados apresentam o comportamento esperados, ou seja, redução na média do comprimento da parte aérea com o aumento da concentração. Não existem diferenças estatísticas significativas entre 1000, 2000 ppm e o controle sem piplartina, porém as concentrações de 3000 e 4000 ppm de piplartina reduziram o comprimento da parte aérea em relação aos demais tratamentos.

Gráfico 27 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos das partes aéreas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.

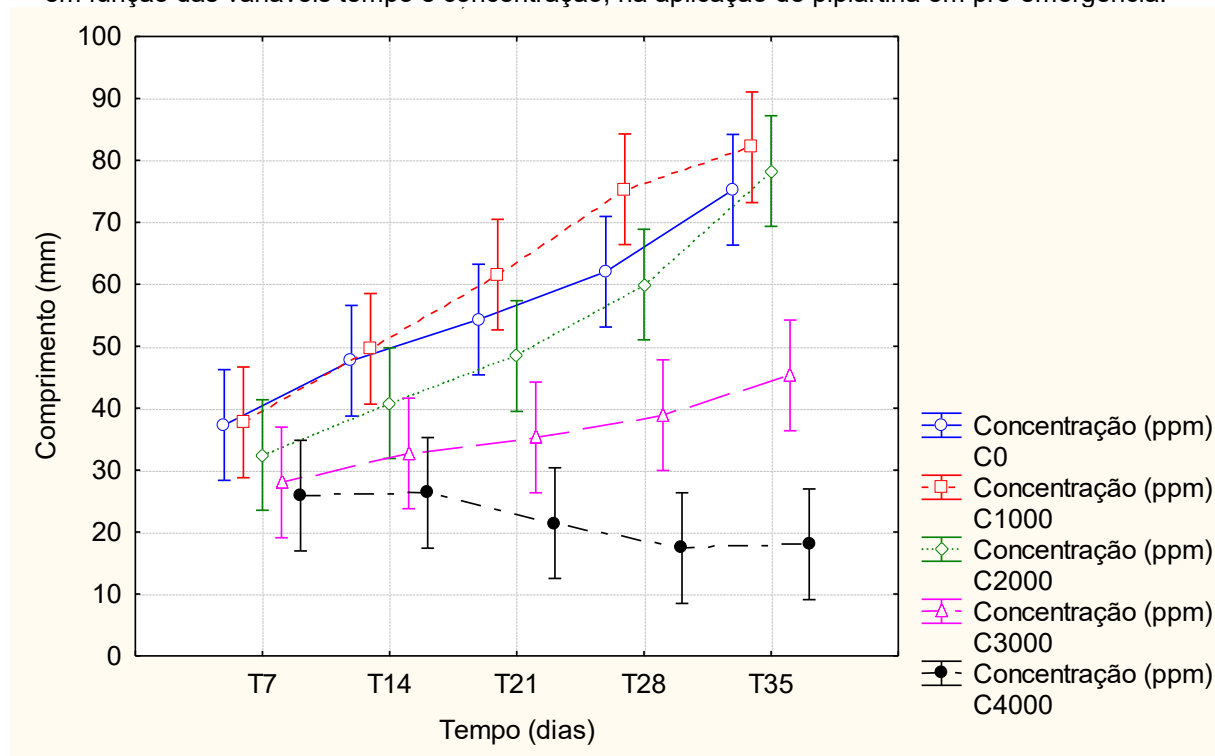


Fonte: Elaborada pela autora no software Statística® (2021)

Por meio do Gráfico 28 é observável o comportamento do comprimento aérea em função do tempo e concentração. Destacaram-se novamente os tratamentos com as concentrações de 3000 e 4000 ppm de piplartina, pelas diferenças em relação aos demais tratamentos principalmente a partir de 21 dias. Isso significa que os danos causados pela piplartina foram agravados ao longo do tempo de desenvolvimento das plantas, visto que com o decorrer dos dias a piplartina começa a agir e causar anormalidades e mortes. Fato visível principalmente na C4000, onde

há redução no comprimento da parte aérea no decorrer dos dias, devido à mortalidade e danos causado pela substância. Há aumento percentual do comprimento da parte aérea de 10,76% na concentração 1000 ppm. Há também redução percentual, de 6,02%, 34,86% e 60,55% nas concentrações de 2000, 3000 e 4000 ppm.

Gráfico 28 – Intervalo de confiança das médias dos comprimentos das partes aéreas de *B. pilosa* em função das variáveis tempo e concentração, na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

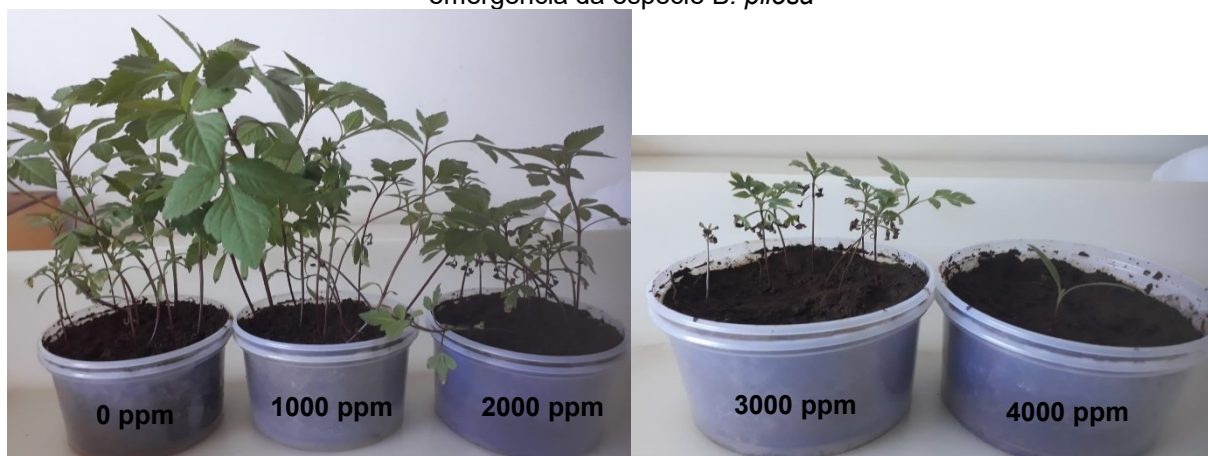
Após os testes de ANOVA, fez-se feitas o teste de Tukey, cujos resultados estão representados na Tabela 14. Confirmando que entre as concentrações 0 e 1000 ppm; e 0 e 2000 ppm não ocorreram diferenças significativas entre si e que os tratamentos 3000 e 4000 ppm se destacaram pelos efeitos mais pronunciados sobre o crescimento da parte aérea das plantas. Outro fato visível é que as concentrações 3000 e 4000 ppm apresentaram diferenças significativas em relação ao controle (0 ppm).

Tabela 14 – Teste de Tukey para as médias dos comprimentos das partes aéreas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.

Concentração (ppm)	Comprimento (mm)
C0	55,31 ^{ab}
C1000	61,26 ^a
C2000	51,98 ^b
C3000	36,03 ^c
C4000	21,82 ^d

Dessa forma, apesar das interferências, é possível considerar que a piplartina apresentou resultados satisfatórios na redução do comprimento da parte aérea no teste de pré-emergência para a espécie *B. pilosa* como visível na Figura 15, visto que há redução no comprimento com o aumento da concentração. Sendo mais eficientes nas concentrações mais elevadas, devido à alta taxa de mortalidade e inibição do crescimento das plantas nessas concentrações.

Figura 15 – Sequência do crescimento das plântulas com aumento da concentração no teste de pré-emergência da espécie *B. pilosa*



Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

5.1.2.1.3 Comprimento do sistema radicular

A variação do comprimento do sistema radicular para cada concentração, foi obtido e representados pelas médias na Tabela 15.

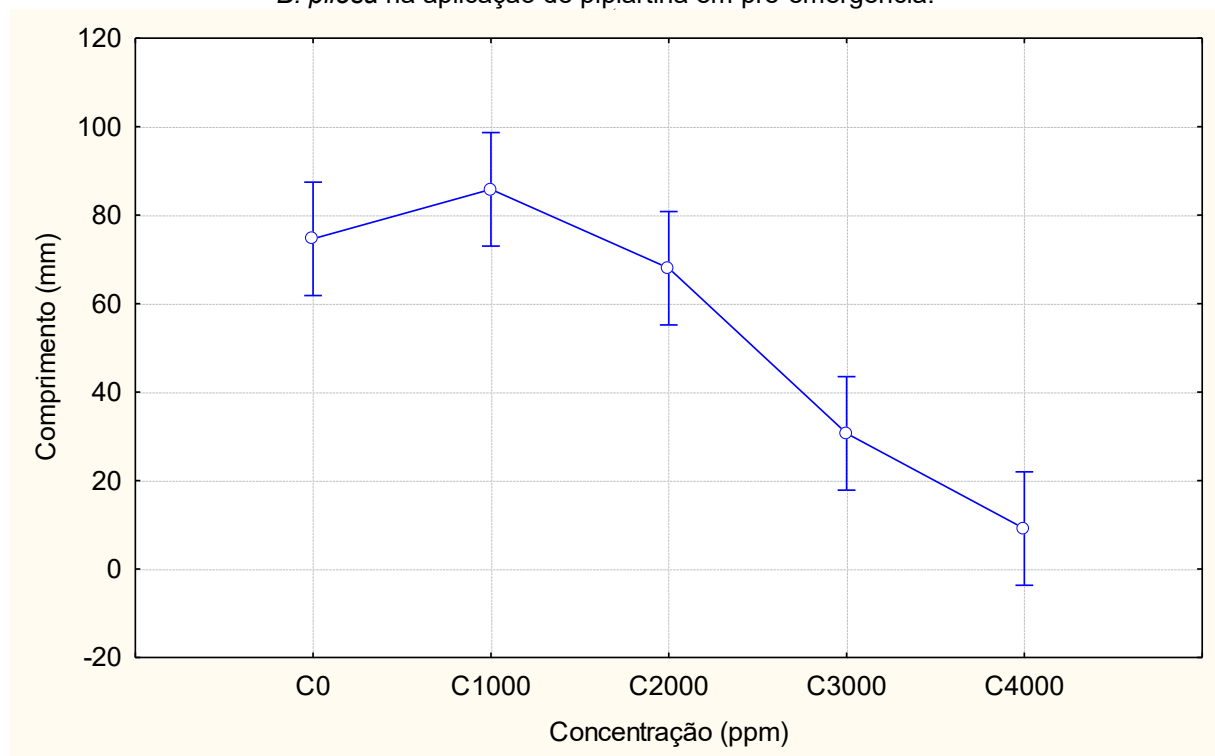
Tabela 15 – Somatória e teste de Tukey das médias dos comprimentos do sistema radicular da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.

Concentração o (ppm)	Comprimento o (mm)	Média (mm)
C0	4479	74,65 ^a
C1000	5150	85,83 ^a
C2000	4080	68,00 ^a
C3000	1840	30,66 ^b
C4000	549	9,15 ^b

No Gráfico 29, observa-se que exceto pela concentração 1000 ppm, as demais concentrações apresentam um decréscimo linear do comprimento do sistema radicular com o aumento da concentração. Não existem diferenças significativas entre as concentrações 1000 e 2000 ppm e o controle (0 ppm), porém as concentrações de 3000 e 4000 ppm reduziram o comprimento da parte aérea em relação aos demais tratamentos. Há um aumento percentual do comprimento da

parte aérea de 15,05% na concentração 1000 ppm. Há também redução percentual, de 8,85%, 58,90% e 87,73% nas concentrações de 2000, 3000 e 4000 ppm, respectivamente.

Gráfico 29 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos dos sistemas radiculares da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Na Tabela 15, também está sendo apresentado o resultado do teste de Tukey. Confirmando os resultados analisados, que se obteve no Gráfico 29, onde é possível observar que o grupo 0, 1000 e 2000 ppm e o grupo 3000 e 4000 ppm apresentam diferenças significativas entre si.

Neste contexto, pode-se inferir que a piplartina mostra-se eficiente na redução do comprimento da radícula com o aumento da concentração, com elevadas reduções nas concentrações 3000 e 4000 ppm.

5.1.2.1.4 Fitotoxicidade

A avaliação fitotóxica, realizada semanalmente resultou nos seguintes valores, representados na Tabela 16.

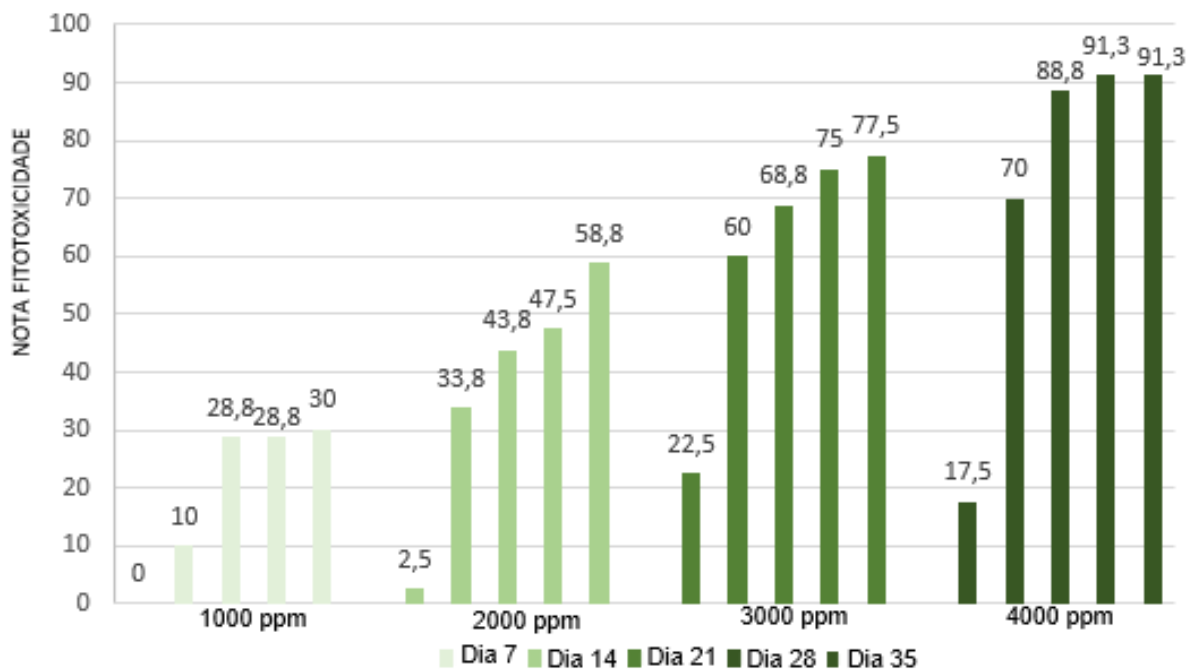
Tabela 16 – Avaliação fitotóxica pela escala Frans para *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.

Dia 7

Concentração (ppm)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Média
1000	0	0	0	0	0,00
2000	0	0	0	10	2,50
3000	20	30	10	30	22,50
4000	20	30	10	10	17,50
Dia 14					
1000	10	5	15	10	10,00
2000	35	35	20	45	33,75
3000	65	70	40	65	60,00
4000	85	70	65	60	70,00
Dia 21					
1000	35	25	30	35	28,75
2000	45	50	40	40	43,75
3000	65	75	55	80	68,75
4000	95	90	85	85	88,75
Dia 28					
1000	35	25	25	30	28,75
2000	50	55	40	45	47,50
3000	75	80	60	85	75,00
4000	100	95	85	85	91,25
Dia 35					
1000	40	25	25	30	30
2000	60	65	55	55	58,75
3000	80	85	60	85	77,5
4000	100	95	85	85	91,25

No Gráfico 30, encontra-se a média dos valores obtidos para cada concentração semanalmente. É visível que com o decorrer dos dias há aumento na nota fitotóxica, auxiliando na confirmação de que os efeitos da piplartina sobre as plantas se intensificam com o decorrer do tempo. Também se nota que, com o aumento da concentração há aumento da nota fitotóxica, sendo os valores elevados na concentração 4000 ppm, devido à alta taxa de anormalidade e mortalidade das plantas.

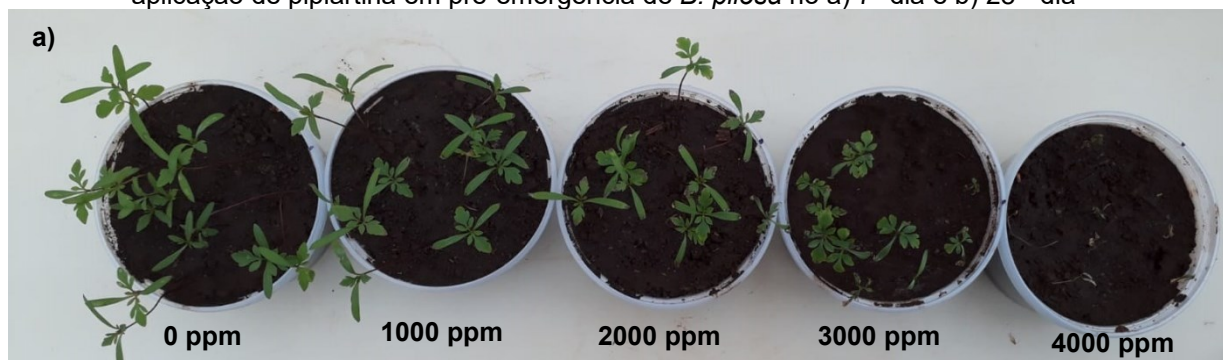
Gráfico 30 – Médias dos valores da avaliação fitotóxica pela escala Frans para *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Assim observa-se que, os sintomas da piplartina sobre as plantas de picão preto não são imediatos, sendo intensificados com o transcorrer do tempo, como visível na Figura 16, visto que na primeira semana as notas são baixas e depois há um considerável aumento da fitotoxicidade no decorrer das demais semanas. Além de apresentarem efeitos satisfatórios com o aumento das concentrações. Na concentração 4000 ppm o valor apresentado, no último dia, foi de 91,3, efeito considerado como severo, e controle considerado muito bom a eficiente. Para esta variável, a aplicação de solução de piplartina é considerada como satisfatória no teste de pré-emergência para a espécie *B. pilosa*.

Figura 16 – Sequência do desenvolvimento das plântulas com o aumento da concentração na aplicação de piplartina em pré-emergência de *B. pilosa* no a) 7º dia e b) 28º dia



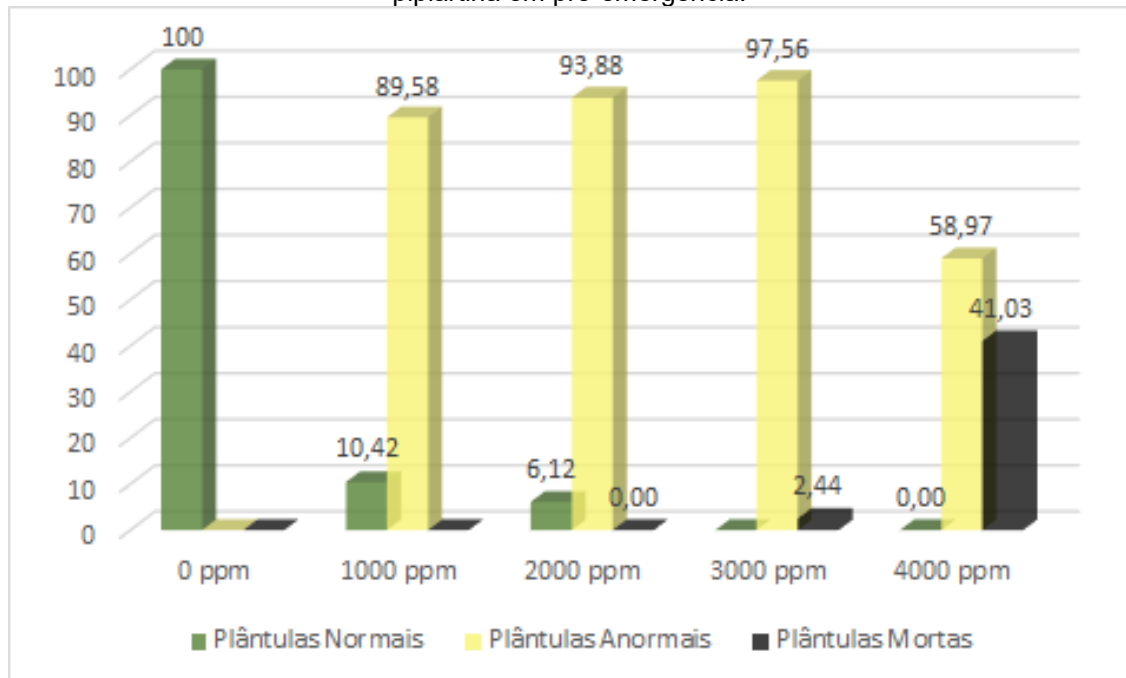


Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

5.1.2.1.5 Porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas

As porcentagens de plântulas normais (PN), anormais (PA) e mortas (PM) estão sendo apresentadas no Gráfico 31.

Gráfico 31 – Porcentagens de plântulas normais, anormais e mortas de *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Por meio do Gráfico 31 nota-se uma brusca redução na porcentagem de plântulas normais, quando se compara o controle com as demais concentrações. Também se observa que a partir da concentração 1000 ppm, com porcentagem de 89,58%, há aumento no surgimento das plantas anormais, exceto na concentração

de 4000 ppm, visto que há um aumento na porcentagem de mortalidade nesta concentração, assim há redução na porcentagem de plântulas anormais. Em termos de mortalidade há uma pequena porcentagem na concentração de 3000 ppm (2,44%), e uma maior porcentagem na concentração 4000 ppm (41,03%).

Há relatos de altas taxas de mortalidade em *B. pilosa* quando submetidas a tratamentos de extrato etanólico de *E. plana* Nees, com frações de hexano, diclorometano e butanol, quando comparados ao controle. Para as frações de acetato de etila e etanol-água, altas porcentagens de anormalidade em comparativo com o controle (FAVARETTO, 2018).

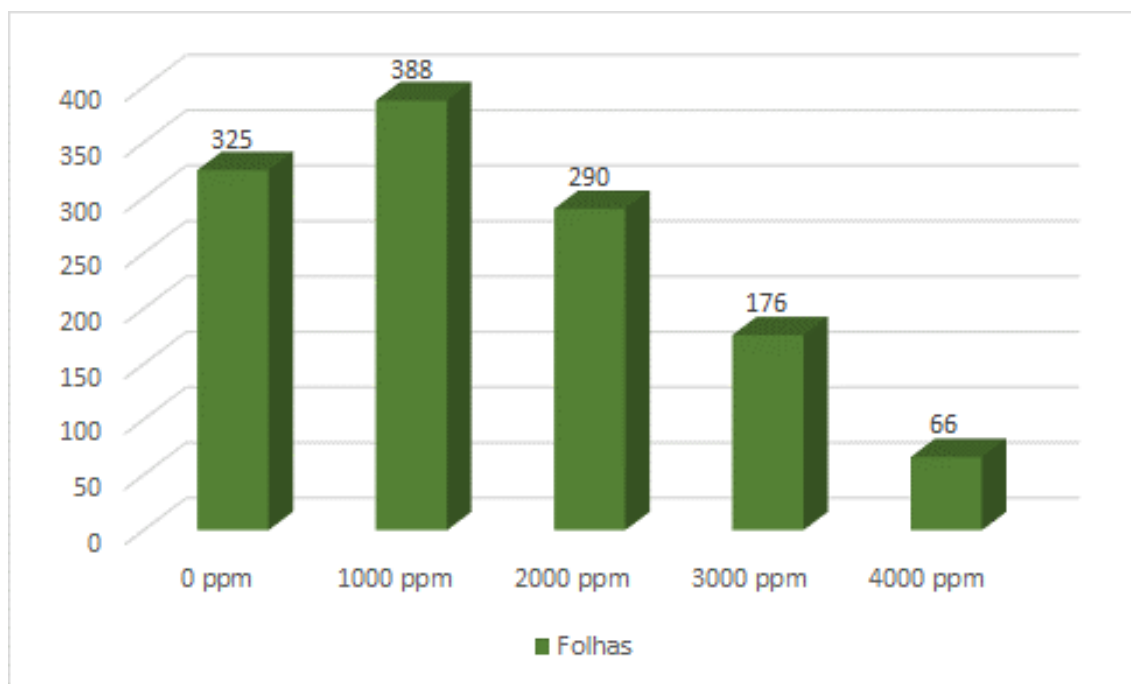
Por meio dos dados, se observa que com o aumento da concentração há aumento na porcentagem de plântulas anormais e mortas. Assim, pode-se considerar que a piplartina apresenta resultados satisfatórios para estas variáveis no teste de pré-emergência para a espécie *B. pilosa*.

5.1.2.1.6 Número de folhas

A somatória do número de folhas em cada concentração está representada no Gráfico 33.

Por meio do Gráfico 32 e Gráfico 33 nota-se que os dados apresentaram comportamento semelhantes às outras variáveis, ou seja, aumento na quantidade de folhas na concentração 1000 ppm quando comparada às demais concentrações. Entretanto o restante das concentrações apresentou redução conforme o aumento da concentração. No Gráfico 33 observa-se que as concentrações 0, 1000 e 2000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si.

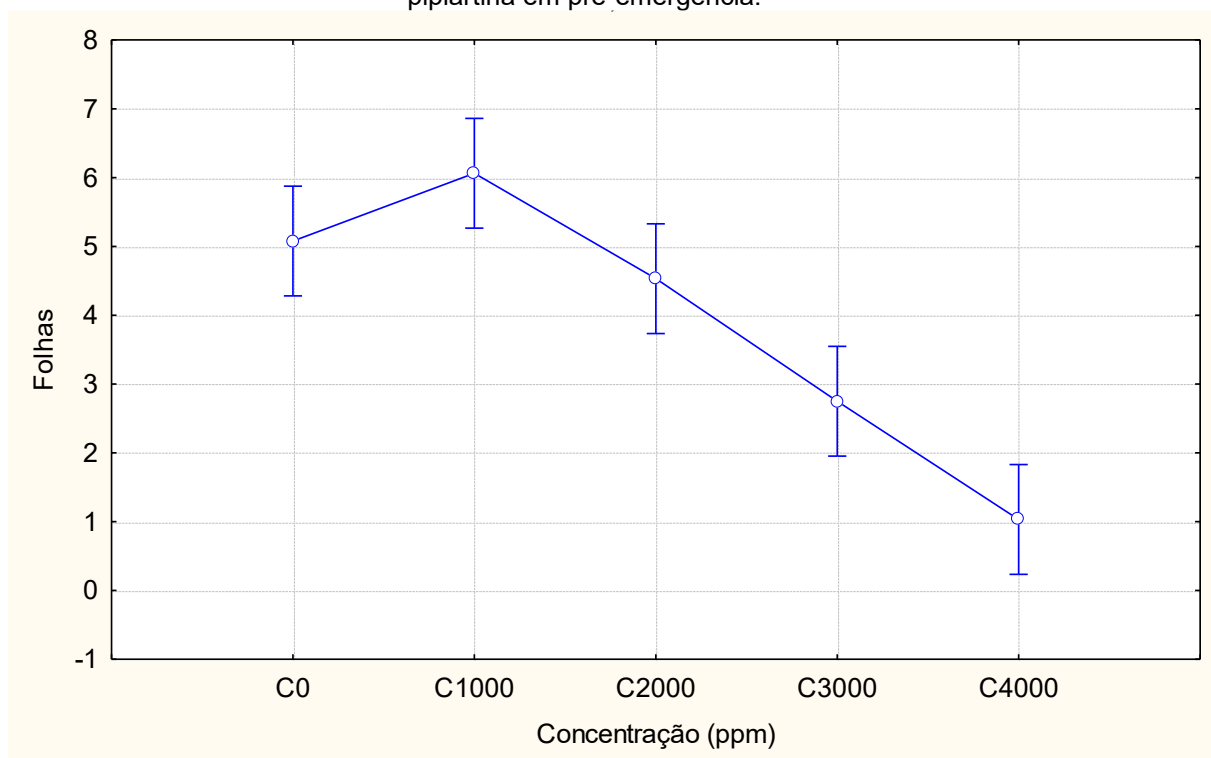
Gráfico 32 –Somatória do número de folhas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Há um aumento percentual do número de folhas, de 19,38% na concentração 1000 ppm. Há também redução percentual, de 10,77%, 45,85% e 79,69% nas concentrações de 2000, 3000 e 4000 ppm, respectivamente.

Gráfico 33 – Intervalo de confiança para a média do número de folhas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statística® (2021)

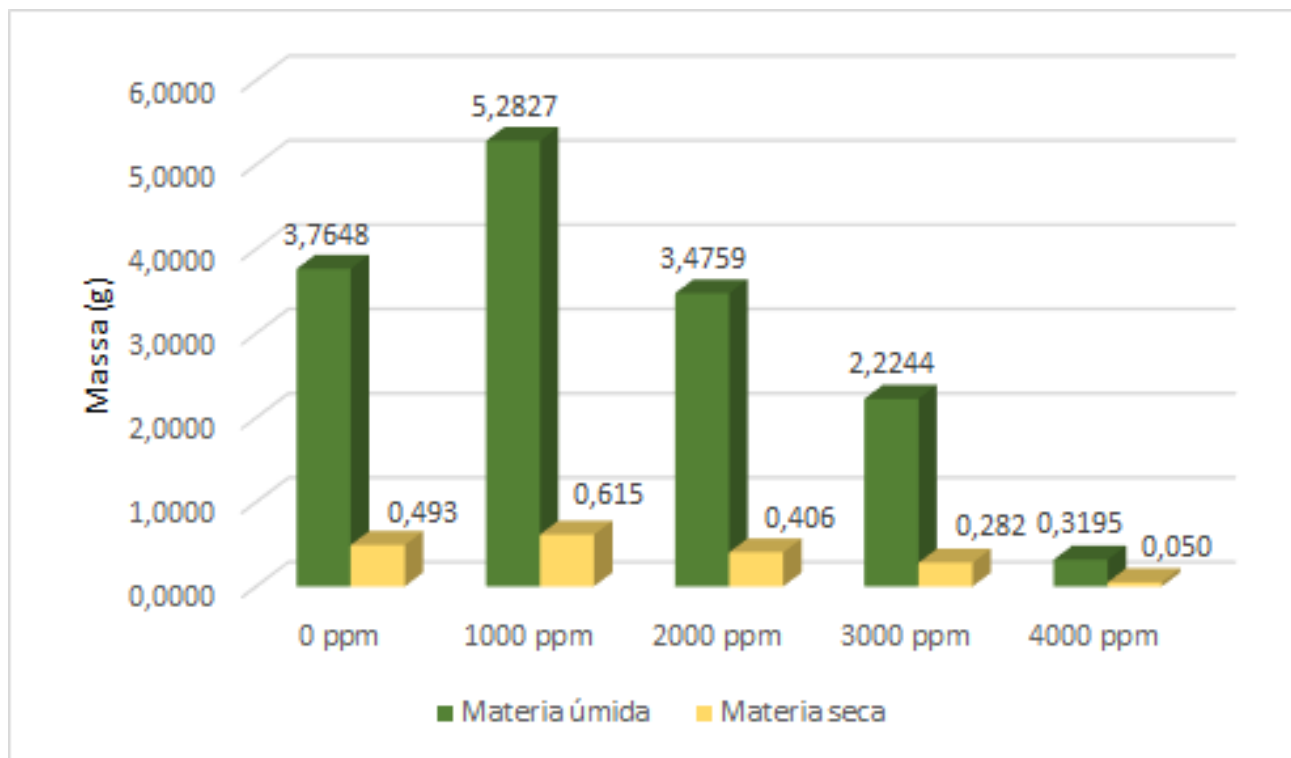
Dessa forma, se observa que a piplartina é eficiente na redução da quantidade de folhas no teste de pré-emergência para a espécie *B. pilosa*, visto que com o aumento da concentração há redução considerável na quantidade de folhas principalmente nas concentrações mais elevadas. Além de existirem diferenças significativas entre as concentrações superiores e inferiores.

5.1.2.1.7 Matéria úmida e seca

As massas da matéria úmida e seca das partes aéreas e sistema radicular foram obtidas e representadas nos Gráfico 33, Gráfico 34 e Gráfico 35, respectivamente.

O Gráfico 34, apresenta a somatória da massa da matéria úmida e seca da parte aérea. Assim observamos o mesmo comportamento que nas demais variáveis anteriores, onde na concentração 1000 ppm há aumento na massa da matéria úmida e seca. Esse aumento é justificado pela quantidade de plântulas emergidas serem superiores na C1000 em relação às demais. Entretanto nas demais concentrações há redução na massa úmida e seca com o aumento da concentração, principalmente na C4000 ppm onde há uma brusca queda na massa. Há aumento percentual na matéria úmida da parte aérea de 40,32% na concentração 1000 ppm. Há também redução percentual, de 7,67% e 40,92% nas concentrações de 2000, 3000 ppm, respectivamente, e redução brusca de 91,51% em 4000 ppm. Para matéria seca, há aumento de 24,75% na concentração 1000 ppm. Há também redução percentual, de 17,65% e 42,80% nas concentrações de 2000, 3000 ppm, respectivamente, além de redução brusca de 89,86% em 4000 ppm. A redução de água em todas as concentrações foi superior a 84%.

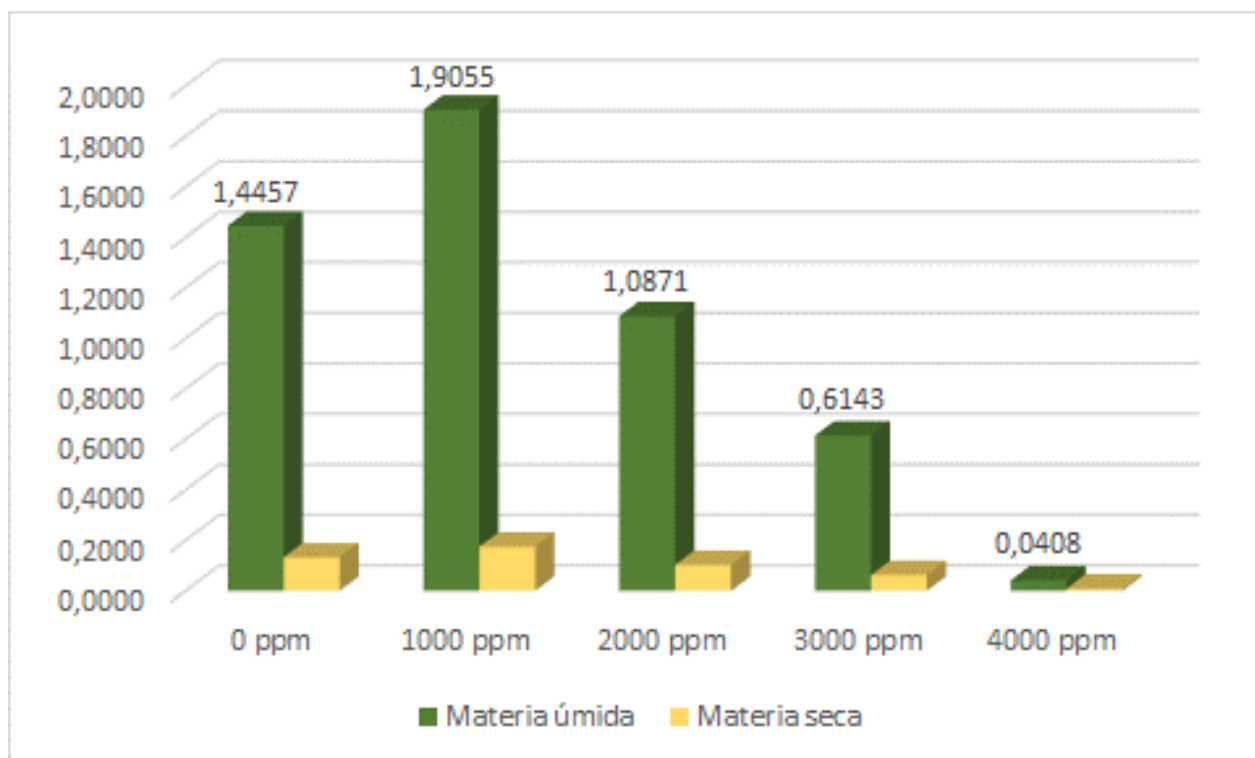
Gráfico 34 – Somatória das matérias úmida e seca das partes aéreas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

O Gráfico 35 apresenta a somatória das massas da matéria úmida e seca da parte radicular. Apresentando também interferência na concentração 1000 ppm e redução nas três concentrações mais elevadas. Há um aumento percentual na matéria úmida do sistema radicular de 31,80% na concentração 1000 ppm. Há também redução percentual, de 24,80% e 57,51% nas concentrações de 2000, 3000 ppm, respectivamente, e redução brusca de 91,18% em 4000 ppm. Para matéria seca, há um aumento de 32,58% na concentração 1000 ppm. Há também redução percentual, de 22,73% e 53,03% nas concentrações de 2000, 3000 ppm, respectivamente, e redução brusca de 93,94% em 4000 ppm. Em termos de redução de água foram superiores a 80% em todas as concentrações.

Gráfico 35 – Somatória das matérias úmida e seca do sistema radicular da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Portanto, apesar da interferência na C1000 ppm, a piplartina se mostra eficiente no teste de pré-emergência da planta *B. pilosa*, visto que reduziu as massas das matérias úmida e seca de ambas as partes das plântulas, aérea e radicular, e em termos de redução de água, os valores foram superiores a 80%.

5.1.2.2 Pós emergência

5.1.2.2.1 Comprimento da parte aérea

O comprimento da parte aérea foi medido semanalmente, após a aplicação das diferentes concentrações de piplartina, e os valores estão relatados na Tabela 17.

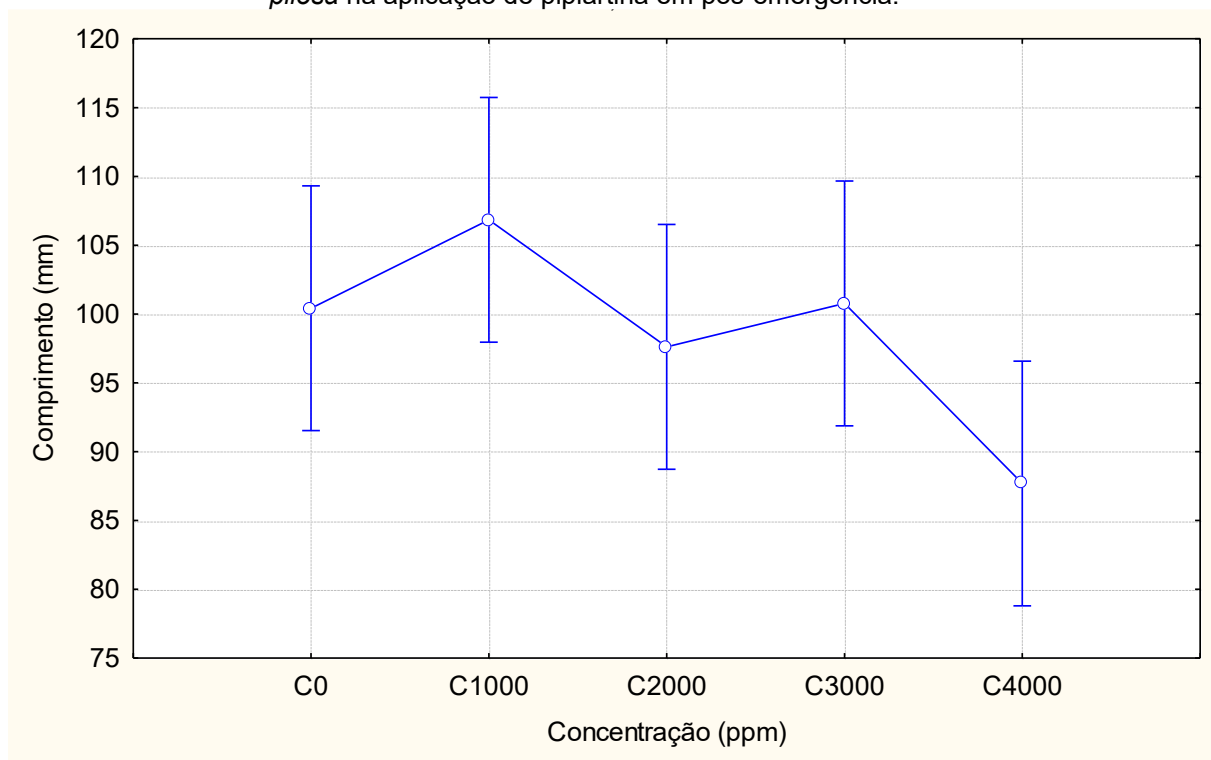
Tabela 17 – Comprimentos e médias das partes aéreas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.

Tempo (dias)	Concentração (ppm)	Comprimento (mm)	Média (mm)
T7	C0	1706,63	426,66
T14	C0	1935,17	80,63
T21	C0	2117,04	88,21
T28	C0	2788,87	116,20
T35	C0	3502,74	145,95
T7	C1000	1651,04	68,79
T14	C1000	1991,05	82,96
T21	C1000	2237,84	93,243
T28	C1000	3025,04	126,04
T35	C1000	3916,55	163,19

T7	C2000	1645,71	68,57
T14	C2000	1877,8	78,24
T21	C2000	2084,08	86,84
T28	C2000	2788,1	116,17
T35	C2000	3318,24	138,26
T7	C3000	1623,18	67,63
T14	C3000	1920,8	80,033
T21	C3000	2109,36	87,89
T28	C3000	2780,01	115,83
T35	C3000	3658,8	152,45
T7	C4000	1481	61,71
T14	C4000	1705,76	71,073
T21	C4000	1831,87	76,33
T28	C4000	2333,15	97,21
T35	C4000	3170,84	132,12

O Gráfico 36 apresenta o intervalo de confiança das médias do comprimento da parte aérea. Os dados não se comportam como o esperado, visto que não há um declínio linear, ou seja, há um aumento na média nas concentrações 1000 e 3000 ppm. Outro fato visível é que os grupos 0, 1000, 2000 e 3000 ppm; e 0, 2000, 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si.

Gráfico 36 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos das partes aéreas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.

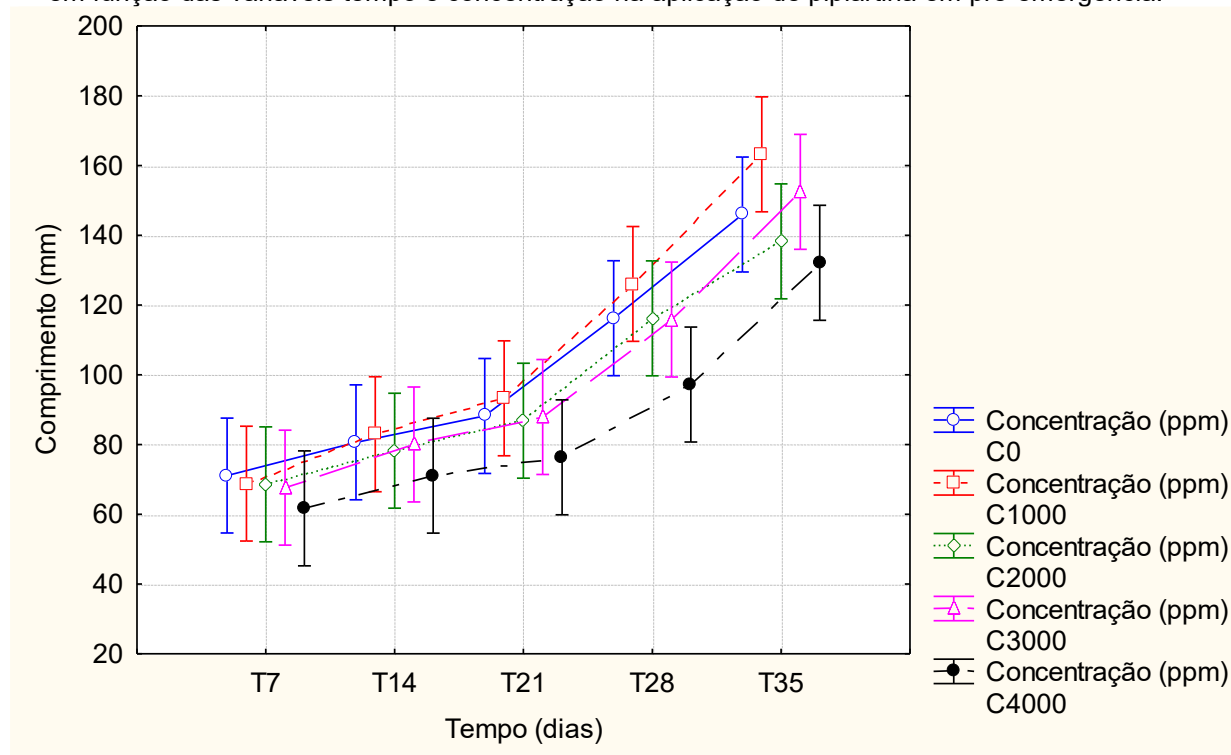


Fonte: Elaborada pela autora no software Statística® (2021)

No Gráfico 37 está sendo apresentado o intervalo de confiança da média no comprimento da parte aérea em função do tempo e da concentração. É visível que no decorrer dos dias há aumento na média do comprimento da parte aérea.

Entretanto não apresentam diferenças significativas entre as concentrações dentro de cada tempo de avaliação.

Gráfico 37 – Intervalo de confiança das médias dos comprimentos das partes aéreas da *B. pilosa* em função das variáveis tempo e concentração na aplicação de piplartina em pré-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Na Tabela 18 está sendo apresentado o teste de Tukey para o comprimento da parte aérea, assim confirmando que os grupos 0, 1000, 2000 e 3000 ppm; e 0, 2000, 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si. É possível verificar também que as concentrações 1000 e 4000 ppm, são as únicas concentrações que apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 18 – Teste de Tukey para as médias dos comprimentos das partes aéreas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.

Concentração (ppm)	Comprimento (mm)
C0	100,42 ^{ab}
C1000	106,85 ^a
C2000	97,62 ^{ab}
C3000	100,77 ^{ab}
C4000	87,69 ^b

Portanto, pode-se inferir que a piplartina não é eficiente para a redução do crescimento da parte aérea da espécie *B. pilosa* em pós-emergência, como visível na Figura 17, visto que em todas as concentrações não ocorreram diferenças significativas entre si.

Figura 17 – Sequência do crescimento das plântulas com aumento da concentração na aplicação de piplartina em pós-emergência em *B. pilosa*.



Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

5.1.2.2.2 Comprimento do sistema radicular

Os comprimentos dos sistemas radiculares das plântulas foram obtidos e apresentados na Tabela 19.

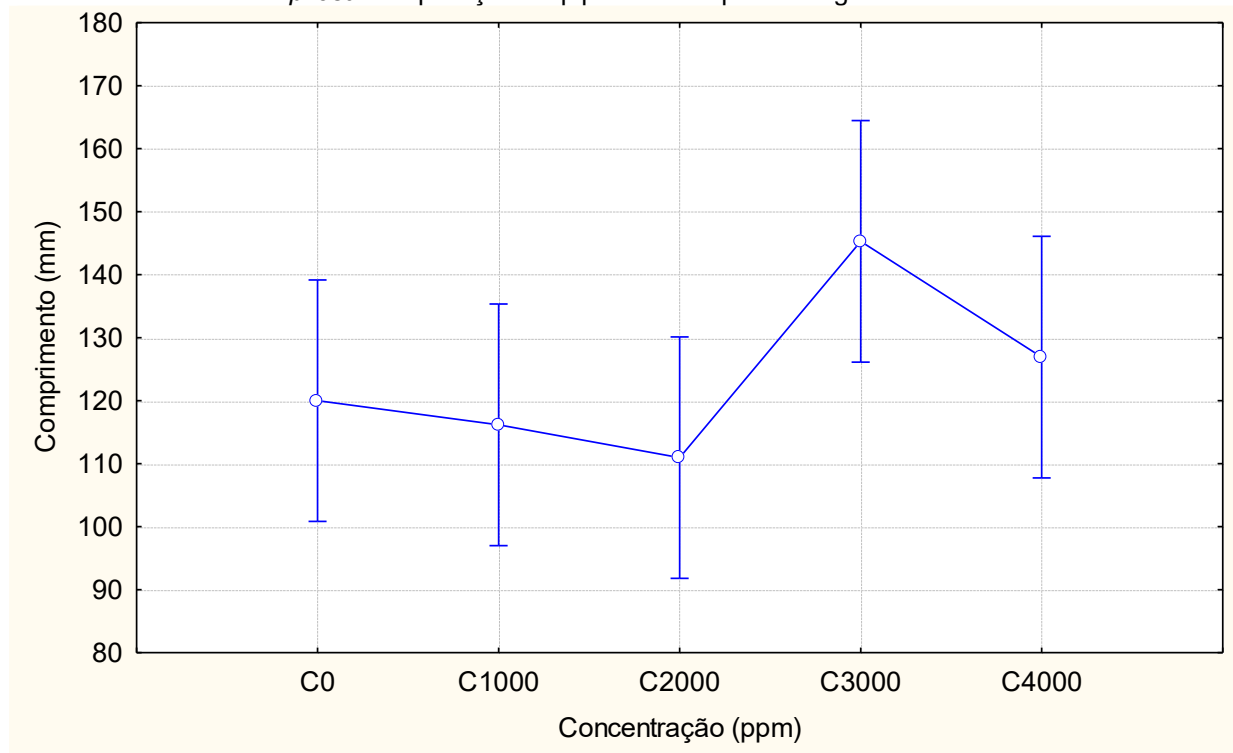
Tabela 19 – Comprimentos e teste de Tukey das médias do sistema radicular de *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.

Concentração (ppm)	Comprimento (mm)	Média (mm)
C0	2880	120,00 ^a
C1000	2788	116,17 ^a
C2000	2663	110,96 ^a
C3000	3487	145,29 ^a
C4000	3046	126,92 ^a

O Gráfico 38 apresenta a média do comprimento do sistema radicular das plântulas. Nota-se que para todas as concentrações não foram observadas diferenças significativas entre si. Outro fato observado é a não linearidade dos dados, visto que as concentrações mais elevadas, 3000 e 4000 ppm, apresentaram comprimento radicular superior às demais concentrações, 0, 1000 e 2000 ppm. Esse aumento no comprimento a partir da concentração de C3000 ppm, pode ser explicado pelo fato das plântulas nas concentrações inferiores terem melhor se desenvolvidos, como visto da secção anterior, comprometendo dessa forma, o desenvolvimento do sistema radicular devido à falta de espaço, além da

competitividade entre as plântulas. A Tabela 19, apresenta os valores para o teste de Tukey, confirmando que para todas as concentrações não foram observadas diferenças significativas entre si.

Gráfico 38 – Intervalo de confiança para as médias dos comprimentos do sistema radiculares de *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Assim, pode-se relatar que a piplartina não apresenta resultados satisfatórios para a espécie *B. pilosa* em pós-emergência, visto que os dados não se comportam linearmente, além de não apresentarem diferenças significativas entre todas as concentrações, ou seja, não há interferência significativas na redução do comprimento do sistema radicular com o aumento da concentração.

5.1.2.2.3 Fitotoxicidade

Semanalmente, junto com a medição da parte aérea, foi realizada a avaliação fitotóxica com o auxílio da escala Frans, assim obtivemos as notas representadas na Tabela 20.

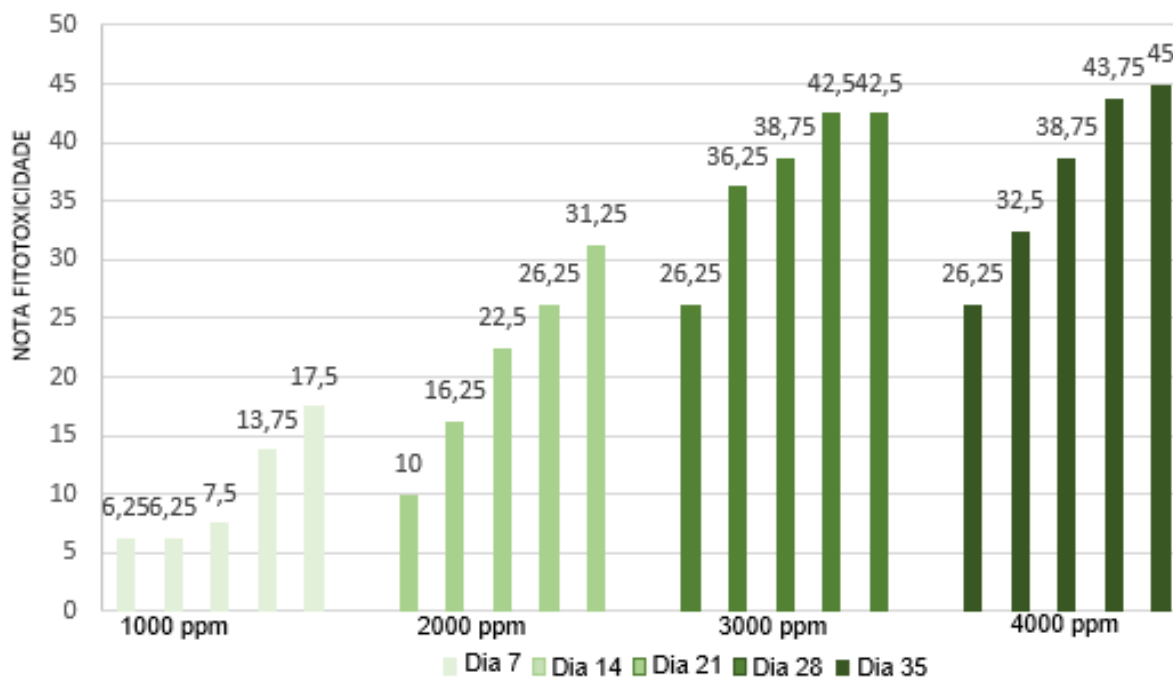
Tabela 20 – Média dos valores da avaliação fitotóxica pela escala Frans para *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.

Dia 7					
Concentração (ppm)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Média

1000	5	5	10	5	6,25
2000	10	10	10	10	10
3000	15	35	35	20	26,25
4000	35	25	25	20	26,25
Dia 14					
1000	5	5	10	5	6,25
2000	15	15	15	20	16,25
3000	15	45	35	50	36,25
4000	35	25	40	30	32,5
Dia 21					
1000	5	10	5	10	7,5
2000	20	20	15	35	22,5
3000	20	40	35	60	38,75
4000	40	30	50	35	38,75
Dia 28					
1000	10	15	10	20	13,75
2000	20	25	15	45	26,25
3000	35	40	30	65	42,5
4000	40	35	55	45	43,75
Dia 35					
1000	15	15	15	25	17,5
2000	25	25	25	50	31,25
3000	30	40	30	70	42,5
4000	40	35	55	50	45

Por meio do Gráfico 39, apresentando a média das notas fitotóxicas, é possível relatar novamente que a piplartina não atua imediatamente, visto que nos primeiros dias os valores são inferiores e, no decorrer, o este valor de fitotoxicidade vai sendo aumentado, mesmo não sendo valores elevados. Também se observa que com o aumento da concentração há aumento na fitotoxicidade, aumentando consideravelmente a partir do C2000 ppm.

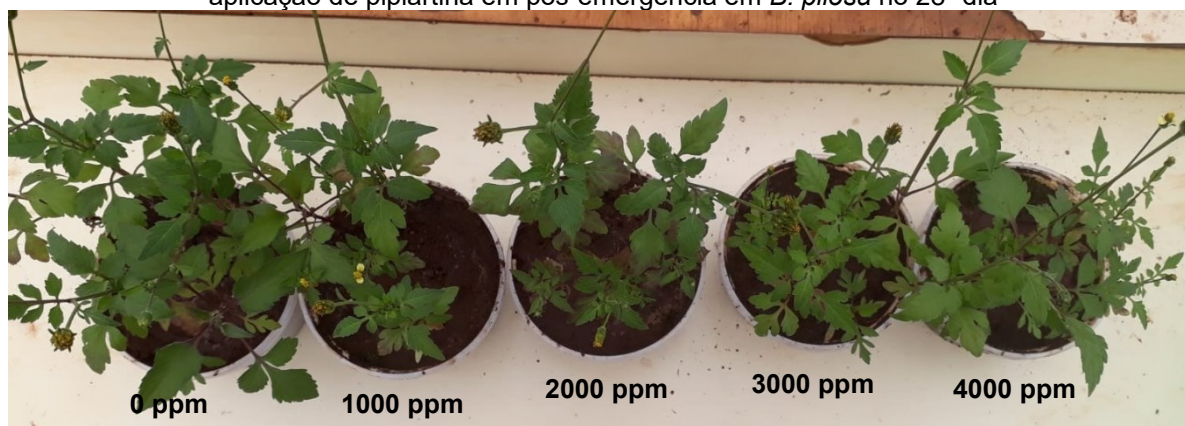
Gráfico 39 –Médias dos valores da avaliação fitotóxica pela escala de Frans para *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Mesmo apresentando linearidade dos dados, onde aumenta-se o valor da fitotoxicidade com o aumento da concentração, os valores obtidos foram consideravelmente baixo para a espécie *B. pilosa* em pós-emergência, como visível na Figura 18, não apresentando valores superiores a 45, ou seja, o efeito é considerado como leve e o controle como deficiente.

Figura 18 – Sequência do desenvolvimento das plântulas com o aumento da concentração na aplicação de piplartina em pós-emergência em *B. pilosa* no 28º dia

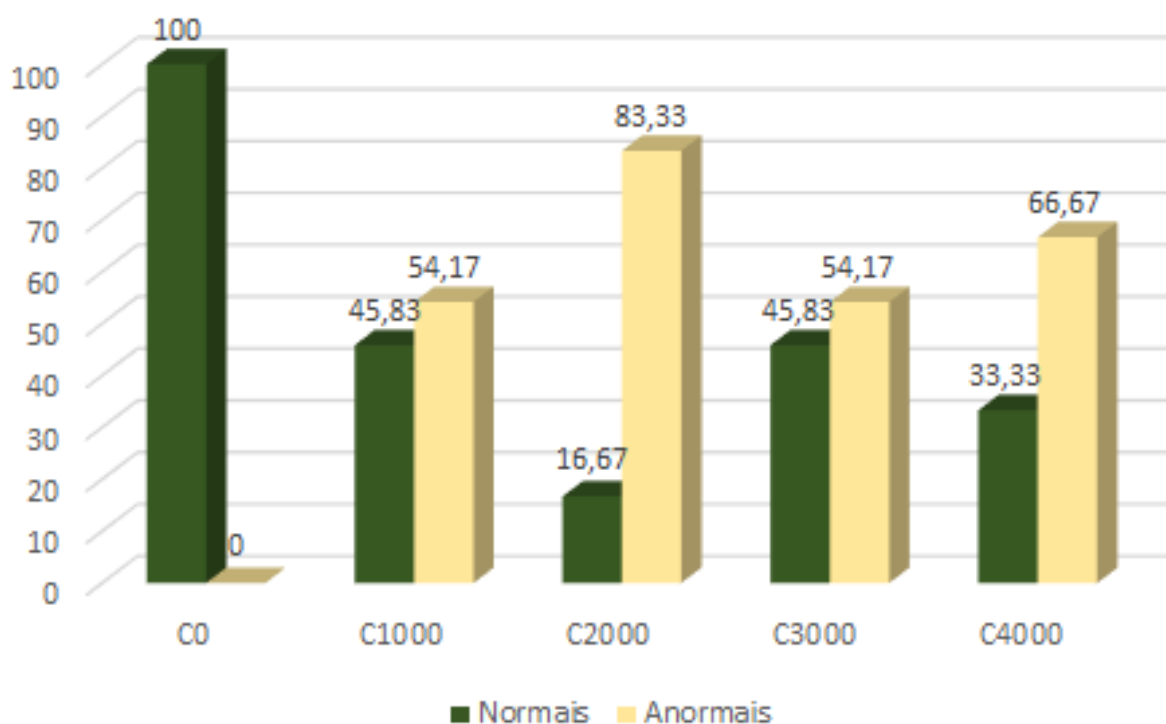


Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

5.1.2.2.4 Porcentagem de plântulas normais e anormais

A porcentagem plântulas normais (PN), anormais (PA) e mortas (PM), estão sendo representadas no Gráfico 40.

Gráfico 40 – Porcentagens de plântulas normais e anormais de *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

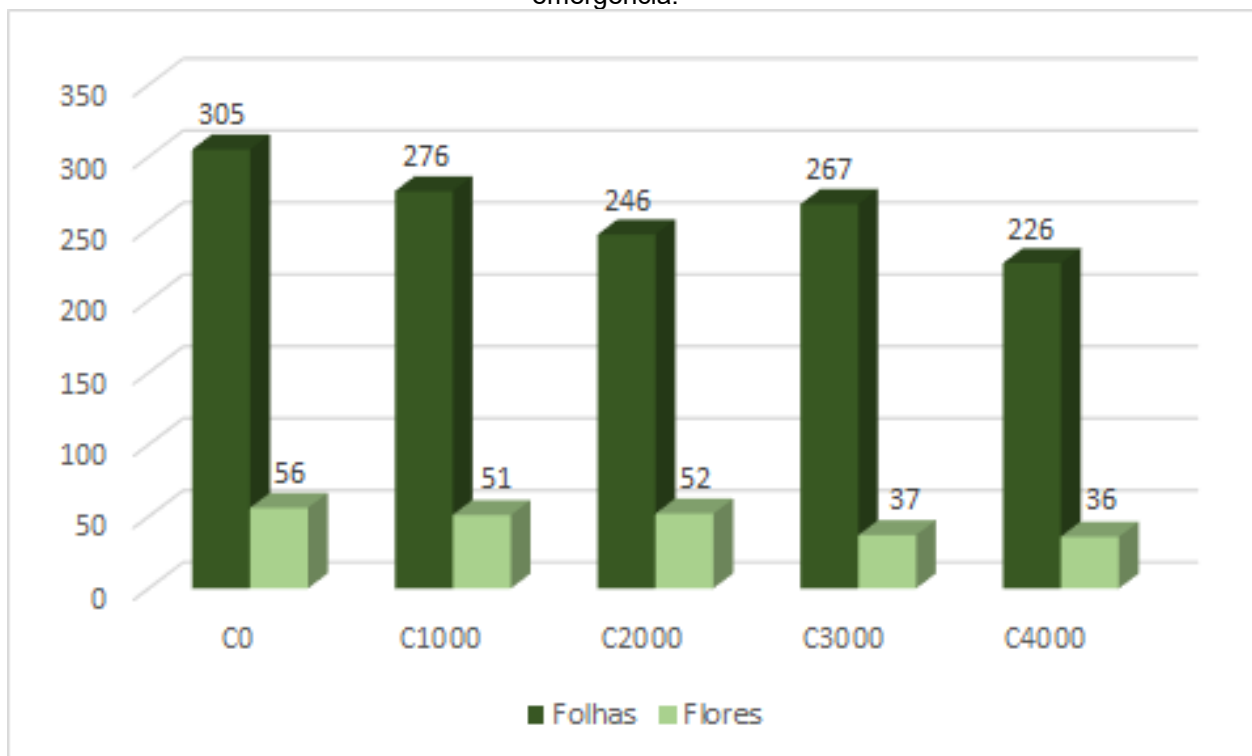
No Gráfico 40 observamos a porcentagem de plântulas normais e anormais, visto que nos testes de pós-emergência não foram observadas plântulas mortas. Nota-se que há uma alta taxa de anormalidade na concentração 2000 ppm, de 83,33%. Nas concentrações 1000 e 3000 ppm há igualdade na anormalidade, de 54,17%, e aumento na C4000 ppm, de 66,67%, quando comparadas ao C1000 e C3000 ppm.

Assim, apesar da interferência na concentração 2000 ppm, as demais concentrações se comportaram como o esperado. Entretanto, mesmo que as porcentagens de plântulas anormais tenham sido superiores às plântulas normais, em todas as concentrações de piplartina, o surgimento de clorose ocorreu em pequenas extensões da área das folhas, bem como a redução de desenvolvimento das plantas não foi elevada. Assim, pode-se caracterizar a ação da piplartina em pós-emergência sobre *B. pilosa* não eficiente.

5.1.2.2.5 Número de folhas e flores

A somatória do número de folhas e flores para cada concentração, está representada no Gráfico 41.

Gráfico 41 – Somatória do número de folhas e flores da *B. pilosa* na aplicação em de piplartina pós-emergência.

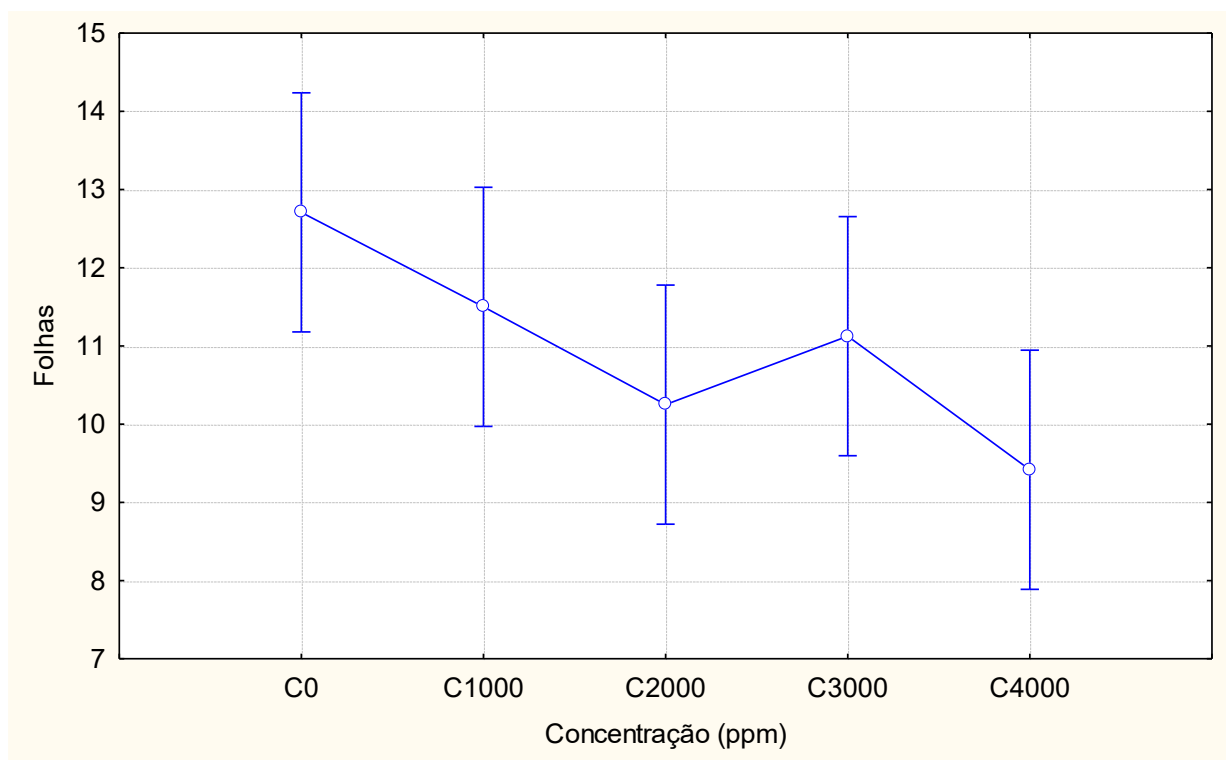


Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

O Gráfico 41 apresenta a quantidade de folhas e flores em cada concentração. É visível que houve pequena redução no número de folhas com o aumento da concentração, que atingiu percentual máximo de 25,90%. O efeito sobre o número de flores foi numericamente mais expressivo, atingindo redução máxima de 35,71% em relação à testemunha.

O Gráfico 42 apresenta o intervalo de confiança para a média de quantidade de folhas. Nota-se que os grupos: 0, 1000, 2000 e 3000 ppm; e 1000, 2000, 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si. Também se observa que os dados se comportam linearmente, exceto para a concentração 3000 ppm onde há discreto aumento na média da quantidade de folhas. A concentração 4000 ppm, foi a única concentração que apresentou diferenças significativas quando comparadas ao controle (0 ppm).

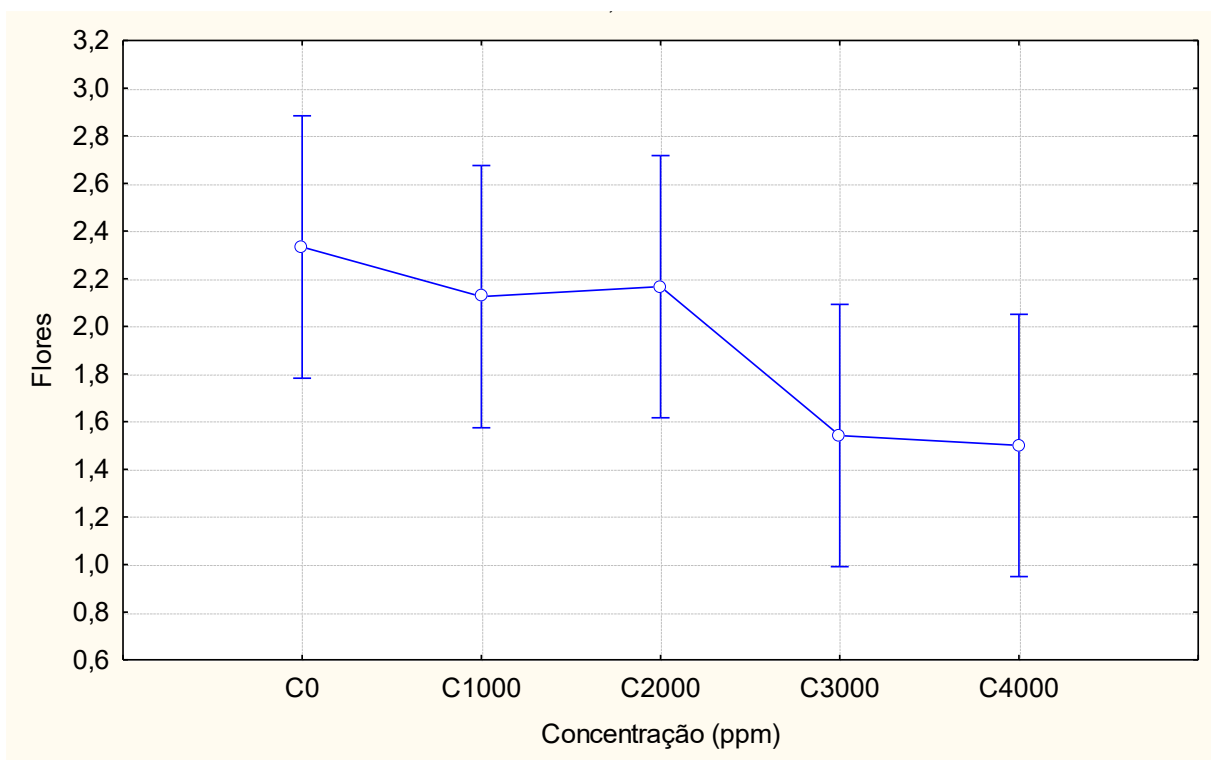
Gráfico 42 –Intervalo de confiança para as médias dos números de folhas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

O Gráfico 43 apresenta o intervalo de confiança para a média da quantidade de flores, Figura 19. É visível que não apresentam diferenças significativas entre todas as concentrações. Os dados também se comportam linearmente, exceto pelo discreto aumento na média na concentração 2000 ppm. A concentração 4000 ppm apresentou diferença significativa quando comparada ao controle.

Gráfico 43 – Intervalo de confiança para as médias do número de flores de *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica® (2021)

Figura 19 – Flores da espécie *B. pilosa* durante o experimento de pós-emergência: a) flores abertas; b) flores fechadas.



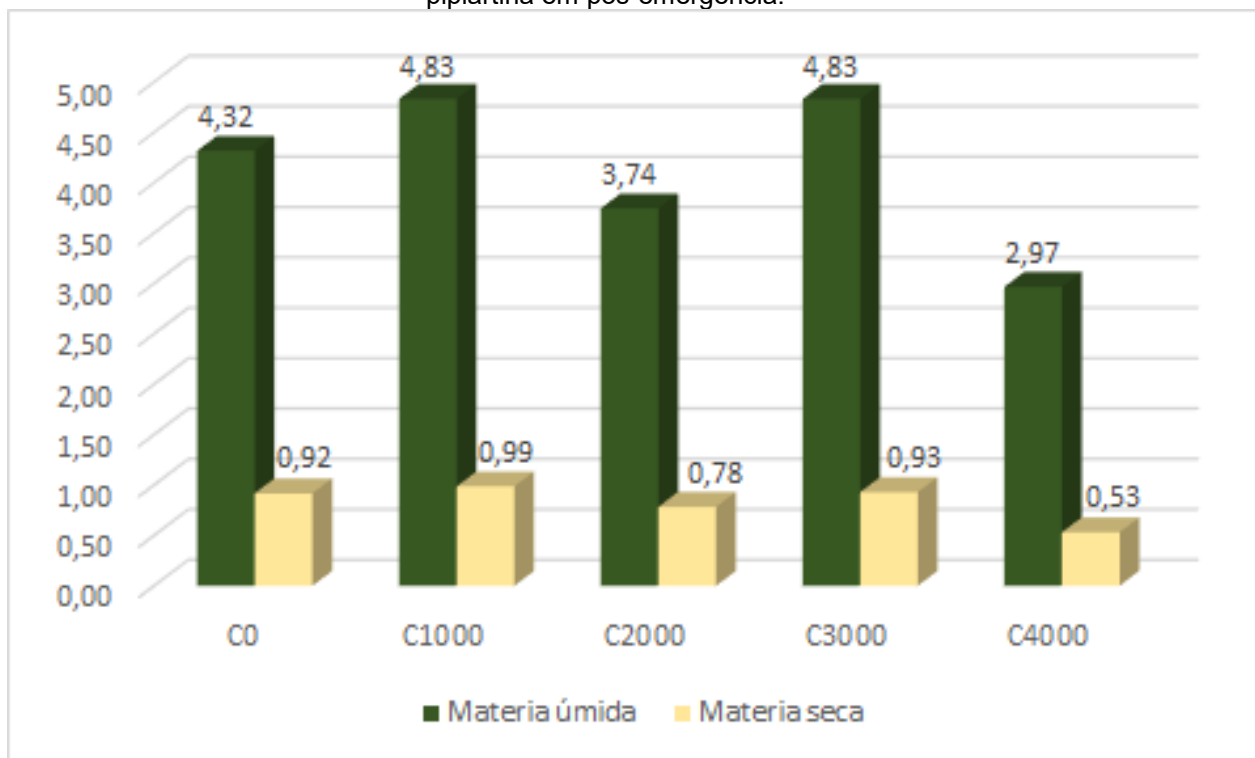
Fonte: Imagem registrada pela autora (2021)

Assim, apesar das interferências em algumas concentrações os dados se comportaram como o esperado. Entretanto não apresentaram diferenças significativas entre si. Portanto, pode-se considerar a piplartina não eficiente, nas concentrações utilizadas, na redução de folhas e flores para os testes de pós-emergência para a espécie *B. pilosa*, exceto pela concentração 4000 ppm, quando comparadas ao controle.

5.1.2.2.6 Matéria úmida e seca

Os valores da matéria úmida e seca para a parte aérea e o sistema radicular, estão sendo foram apresentados nos Gráfico 44 e Gráfico 45, respectivamente.

Gráfico 44 – Somatória das matérias úmida e seca das partes aéreas da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.



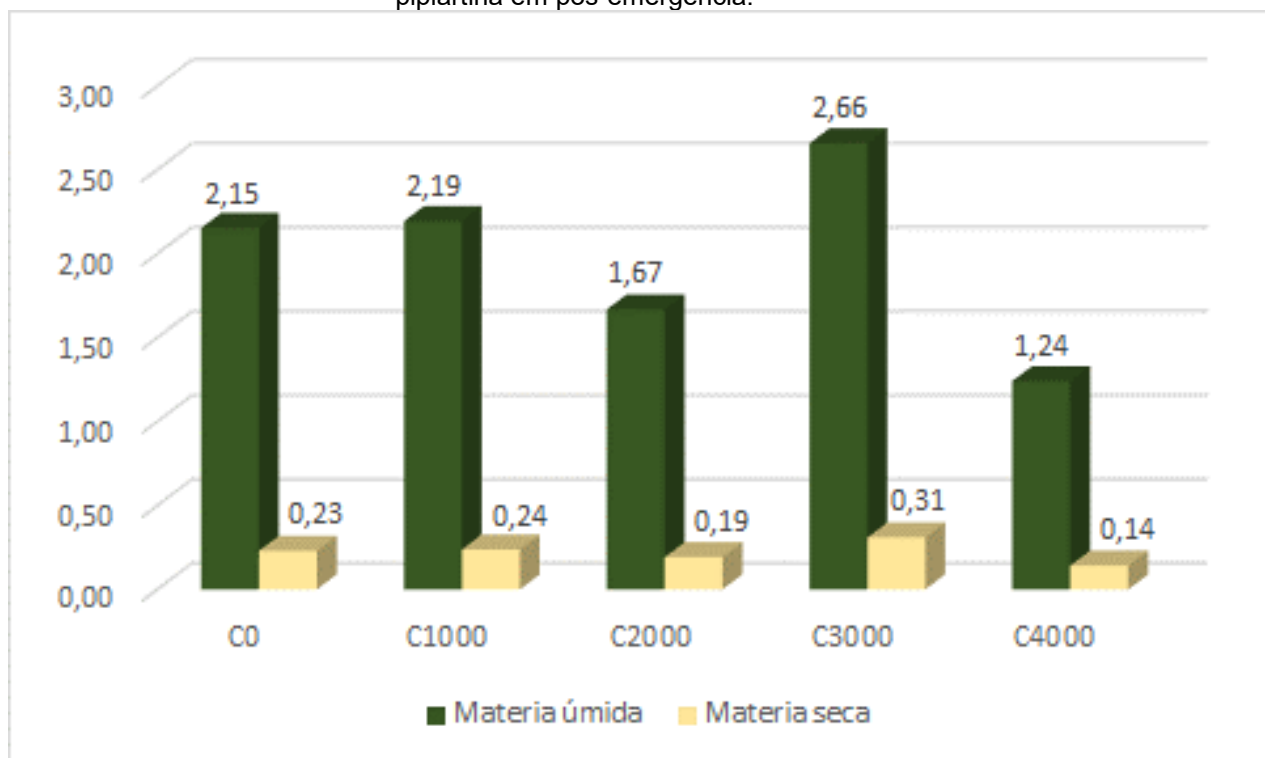
Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

O Gráfico 44 apresenta a massa média de matéria úmida e seca da parte aérea das plântulas. Nota-se que para ambas as variáveis, matéria úmida e seca, há aumento, em se tratando das concentrações 1000 e 3000 ppm quando comparadas às demais concentrações. Entretanto para as demais concentrações, 0, 2000 e 4000 ppm os valores se comportam como o esperado, ou seja, com o aumento da concentração há redução da massa. Houve redução máxima de 31,25% para matéria úmida e de 42,39% para matéria seca, em relação ao controle. Em termos de valores de redução de água foram superiores a 78% para todas as concentrações.

O Gráfico 45 apresenta a massa média da matéria úmida e seca da parte radicular das plântulas. Para as duas variáveis há discreto aumento na C1000 quando comparada à C0, e na C3000 quando comparada às demais concentrações. Entretanto quando comparadas a C0, C2000 e C4000 obtém-se o comportamento

esperado. Houve redução máxima de 42,33% para matéria úmida e de 39,13% para matéria seca, em relação ao controle. As porcentagens de redução de água foram superiores à 88% em todas as concentrações.

Gráfico 45 – Somatória das matérias úmida e seca do sistema radicular da *B. pilosa* na aplicação de piplartina em pós-emergência.



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

Portanto, apesar de algumas interferências, em algumas concentrações, em ambas as variáveis e ambas as partes das plântulas, as concentrações apresentaram comportamento esperado. Entretanto, observa-se que a diferença nas massas entre as concentrações foram pequenas, portanto pode-se inferir que a piplartina não é muito eficiente para o controle de pós-emergência da espécie *B. pilosa*.

5.2 Análise Toxicológica

5.2.1 Letalidade sobre *Artemia salina*

Inicialmente foram depositados os cistos de *A. salina* em água salina para eclosão dos mesmos. Após 48 horas foram colocados 10 indivíduos de *A. salina* em cada poço com cerca de 10 mL da solução, sendo elas: 1, 5, 10, 15 e 20 ppm. Após

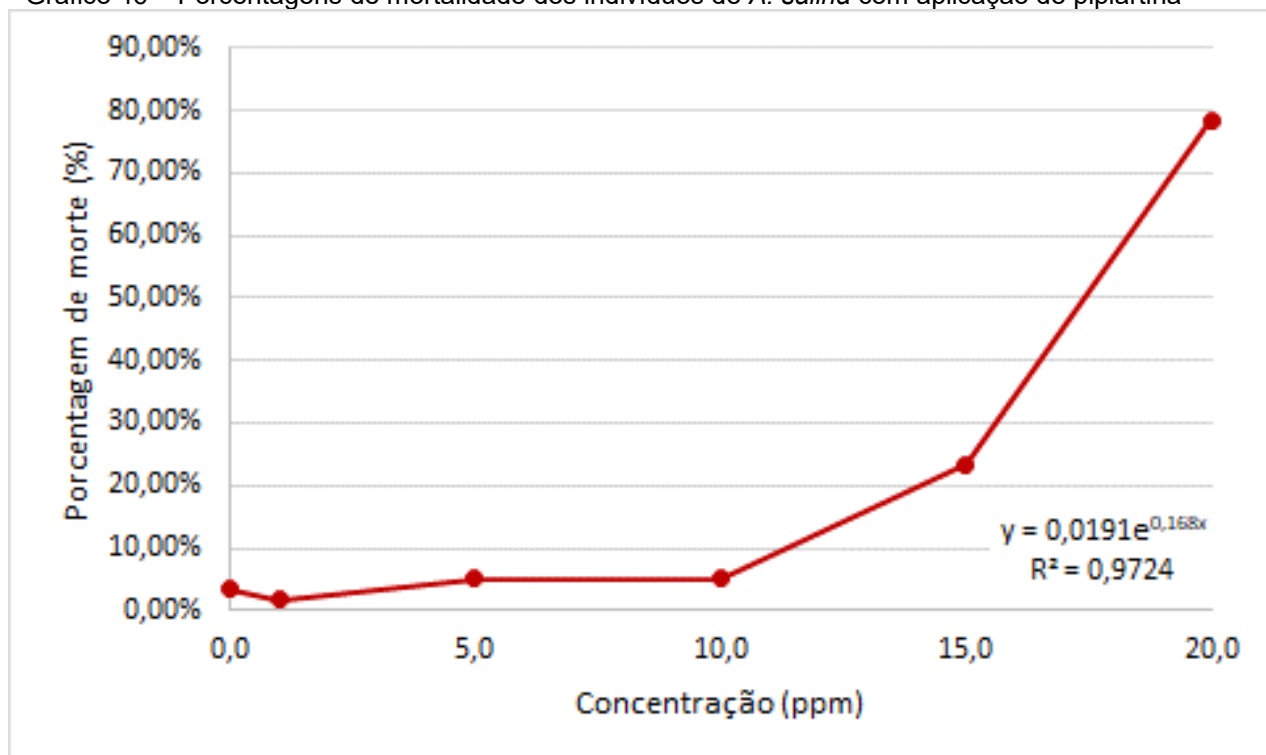
24 horas, foi realizada a contagem de *A. salina* mortas. Assim obteve-se as porcentagens de mortalidade, representadas na Tabela 21.

Tabela 21 – Média das porcentagens de mortalidade de *A. salinas* com aplicação de piplartina

Concentração (ppm)	Porcentagem de mortalidade (%)
C0	3,33%
C1	1,67%
C5	5,00%
C10	5,00%
C15	23,33%
C20	78,33%

Por meio dos dados obtidos foi possível plotar o Gráfico 46, e com o auxílio do R^2 , foi possível escolher a melhor linha de tendência para esses dados, sendo neste caso gráfico exponencial. Assim obteve-se a equação da reta que auxiliou na determinação do C50 para a mortalidade dos indivíduos das *A. salina*. Substituindo y por 50, que significa 50% de mortalidade das *A. salina* foi possível determinar o valor de x (concentração em ppm), assim encontrando o valor de $C50 = 19,43405$. Ou seja, a concentração 19,43 ppm é onde ocorrerá 50% de mortalidade desses microcrustáceos.

Gráfico 46 – Porcentagens de mortalidade dos indivíduos de *A. salina* com aplicação de piplartina



Fonte: Elaborada pela autora no Excel® (2021)

BEZERRA (2005) relatou em seus estudos que a piplartina apresentou letalidade média de C_{50} 32,3 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ em larvas de *Artemia* sp. MELO et al. (2020) relatou que o óleo essencial da *P. nigrum* L apresentou C_{50} 8,48 $\mu\text{g}/\text{mL}$ de letalidade em *A. salina* Leach. GÓES et al. (2020), apresentou C_{50} 65,65 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ para óleo essencial *P. duckei* em *A. salina*.

Assim, pode-se relatar que indivíduos de *A. salina* têm uma resistência às concentrações de piplartina inferiores ao C_{50} (19,43 ppm). Em soluções com concentrações superiores ao C_{50} , a piplartina pode ser considerada como tóxica para os microcrustáceos de *A. salina*.

6 CONCLUSÃO

A eficiência da piplartina no controle de plantas daninhas foi influenciada pela espécie daninhas, pela modalidade de aplicação e pela concentração de cada solução utilizada.

Comparando-se as modalidades de aplicação de piplartina, a maior eficiência foi obtida com aplicação em pré-emergência, tanto para a espécie *E. plana* Nees, quanto para *B. pilosa*. Entre as espécies daninhas testadas, a piplartina foi mais eficiente sobre a espécie *E. plana* Nees, na modalidade de pré-emergência.

A eficiência da piplartina foi maximizada nas concentrações mais elevadas, de 3000 e 4000 ppm, na modalidade de pré-emergência, pois foram essas concentrações que proporcionaram maiores reduções do crescimento e maiores percentuais de mortalidade. Quando submetida à análise toxicológica, a concentração de piplartina para matar 50% da população dos microcrustáceos de *A. salina* é de 19,43 ppm.

Os testes de pré-emergência para a espécie *E. plana* Nees foram satisfatórios visto que para todas as variáveis, exceto para as variáveis de emergência, apresentaram redução com o aumento da concentração. Quando comparado o controle com as demais concentrações apresentaram diferença significativa, exceto para a quantidade de perfilhos. Entretanto para todas as variáveis as concentrações 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si.

Os testes de pós-emergência para a espécie *E. plana* Nees não foram satisfatórios visto que para todas as variáveis, exceto para o comprimento da parte aérea, apresentaram uma redução com o aumento da concentração. Entretanto não apresentaram diferenças significativas entre todas as concentrações. A única variável com resultados satisfatórios foi o comprimento da parte aérea, que apresentou uma brusca redução a partir da concentração 2000 ppm, porém as concentrações 2000, 3000 e 4000 ppm não apresentaram diferenças significativas entre si.

Os testes de pré-emergência para a espécie *B. pilosa* foram satisfatórios apesar da interferência ocorrida na concentração 1000 ppm, ocorrendo uma maior emergência nessa concentração que nas demais, fato possivelmente justificado pela própria natureza das sementes utilizadas. Para todas as variáveis, exceto as variáveis de emergência, apresentaram redução com o aumento da concentração.

Sendo os melhores resultados na concentração 4000 ppm em termos de mortalidade e 3000 e 4000 ppm para as demais, porém não apresentando diferenças significativas entre si.

Os testes de pós-emergência para a espécie *E. plana* Nees, não foram satisfatórios visto que todas as variáveis não apresentaram diferenças significativas para todas as concentrações. Em termos de anormalidade também apresentaram resultados bem inferiores.

Deste modo, os melhores resultados obtidos foram para os testes de pré-emergência, principalmente para a espécie *E. plana* Nees. Neste caso, quando as concentrações não apresentarem diferenças significativas entre elas, recomenda-se escolher a menor concentração, a fim de evitar custos e desperdício de soluções.

Neste contexto, com os resultados apresentados acredita-se na possibilidade de formulação de um bioherbicida para controle de pré-emergência para as espécies *E. plana* Nees e *B. pilosa*.

Como pretensão futura, sugere-se realizar testes, principalmente de pré-emergência, para espécies de cultivo do mesmo grupo que a das plantas daninhas já testadas. Além de realizar testes toxicológicos para outros tipos de seres vivos, a fim de testar a toxicidade da Piplartina.

7 REFERÊNCIAS

- ABAJO, C. et al. In vitro study of the antioxidant and immunomodulatory activity of aqueous infusion of *Bidens pilosa*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 93, n. 2–3, p. 319–323, ago. 2004.
- ABBAS, T.; ZAHIR, Z. A.; NAVEED, M. Bioherbicidal activity of allelopathic bacteria against weeds associated with wheat and their effects on growth of wheat under axenic conditions. **BioControl**, v. 62, n. 5, p. 719–730, 3 out. 2017.
- ALÉCIO, A. C. et al. Antifungal Amide from Leaves of *Piper hispidum*. **Journal of Natural Products**, v. 61, n. 5, p. 637–639, maio 1998.
- ALHARITS, L. et al. Allelopathic activity of *Dendrophthoe pentandra* as a potential bioherbicide to inhibit seed germination and seedling growth of *Eleusine indica*. **Nusantara Bioscience**, v. 12, n. 1, 29 jan. 2020.
- ALTIERI, M. A. et al. Enhancing Crop Productivity via Weed Suppression in Organic No-Till Cropping Systems in Santa Catarina, Brazil. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 35, n. 8, p. 855–869, out. 2011..
- ALVARINA, C. et al. **Medicina Popular**. [s.l: s.n.].
- AMRITA KUMARI, P. J. K. Efficacy of bio--agents, fungicides and plant extracts on leaf spot of *Piper longum* caused by *Botryodiplodia theobromae*. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, p. 756–768, 2018.
- ANANIAS, D. N. et al. SISTEMATIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIÓTIPOS DE PLANTAS DANINHAS RESISTENTES A HERBICIDAS NA BASE SCIELO. In: 14º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2020, Campinas, São Paulo. **Anais...** Campinas, São Paulo: 2020.
- BAGGIO, R. et al. Effects of initial disturbances and grazing regime on native grassland invasion by *Eragrostis plana* in southern Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 3, p. 158–165, jul. 2018.
- BAJWA, A. A.; MAHAJAN, G.; CHAUHAN, B. S. Nonconventional Weed Management Strategies for Modern Agriculture. **Weed Science**, v. 63, n. 4, p. 723–747, 20 dez. 2015.
- BAO, N. et al. Occurrence of piperidine alkaloids in *Piper* species collected in different areas. **Journal of Natural Medicines**, v. 68, n. 1, p. 211–214, 27 jan. 2014.
- BARBOSA, F. G. et al. Predicting the current distribution and potential spread of the exotic grass *Eragrostis plana* Nees in South America and identifying a bioclimatic niche shift during invasion. **Austral Ecology**, v. 38, n. 3, p. 260–267, abr. 2013.
- BARI, S. . et al. Synthesis of pellitorine and sarmentine. Alkamides isolated from *Piper sarmentosum*. **Journal of the Indian Chemical Society**, v. 67, p. 153–172, 1990.
- BEGUM, K. et al. Potential Allelopathic Candidates for Land Use and Possible

Sustainable Weed Management in South Asian Ecosystem. **Sustainability**, v. 11, n. 9, p. 2649, 9 maio 2019.

BENCHAA, S.; HAZZIT, M.; ABDELKRIM, H. Allelopathic Effect of Eucalyptus citriodora Essential Oil and Its Potential Use as Bioherbicide. **Chemistry & Biodiversity**, v. 15, n. 8, p. e1800202, ago. 2018.

BEZERRA, D. P. **Potencial anticâncer da piplartina e da piperina, amidas isoladas de plantas do gênero piper**. 2005. Universidade Federal Do Ceará Faculdade De Medicina, 2005.

BEZERRA, D. P. et al. Antiproliferative Effects of Two Amides, Piperine and Piplartine, from Piper Species. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 60, n. 7–8, p. 539–543, 1 ago. 2005.

BEZERRA, D. P. et al. In vivo growth-inhibition of Sarcoma 180 by piplartine and piperine, two alkaloid amides from Piper. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 39, n. 6, p. 801–807, jun. 2006.

BEZERRA, D. P. et al. Piplartine induces inhibition of leukemia cell proliferation triggering both apoptosis and necrosis pathways. **Toxicology in Vitro**, v. 21, n. 1, p. 1–8, fev. 2007.

BEZERRA, D. P. et al. Piplartine induces genotoxicity in eukaryotic but not in prokaryotic model systems. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 677, n. 1–2, p. 8–13, jun. 2009.

BEZERRA, D. P. et al. Overview of the therapeutic potential of piplartine (piperlongumine). **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 48, n. 3, p. 453–463, 14 fev. 2013.

BILANDA, D. C. et al. Bidens pilosa Ethylene acetate extract can protect against L-NAME-induced hypertension on rats. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 17, n. 1, p. 479, 10 dez. 2017.

BITTENCOURT, H. V. H. et al. Seed germination ecology of Eragrostis plana, an invasive weed of South American pasture lands. **South African Journal of Botany**, v. 109, p. 246–252, mar. 2017.

BLUM, U. Fate of Phenolic Allelochemicals in Soils - the Role of Soil and Rhizosphere Microorganisms. In: MACÍAS, F. A. et al. (Ed.). **Allelopathy**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2004.

BODIWALA, H. S. et al. Antileishmanial amides and lignans from Piper cubeba and Piper retrofractum. **Journal of Natural Medicines**, v. 61, n. 4, p. 418–421, 27 ago. 2007.

BOLL, P. M. et al. Synthesis and molecular structure of piplartine (=piperlongumine). **Tetrahedron**, v. 40, n. 1, p. 171–175, jan. 1984.

BORELLA, J. et al. Respostas na germinação e no crescimento inicial de rabanete

sob ação de extrato aquoso de *Piper mikanianum* (Kunth) Steude. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 415–420, 2012.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 2. ed. Natal: Editora Universitaria da UFRN, 1960.

BRANDÃO, M. G. . et al. Antimalarial activity of extracts and fractions from *Bidens pilosa* and other *Bidens* species (Asteraceae) correlated with the presence of acetylene and flavonoid compounds. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 57, n. 2, p. 131–138, jul. 1997.

BRINK, M.; BELAY, G. **Plant Resources of Tropical Africa: Cereals and pulses**. Wageningen, Netherlands: PROTA Foundation / Backhuys Publishers, 2006.

CAMPELO, Y. D. M. **EFEITOS SINÉRGICOS DE COMBINAÇÕES IN VITRO DE PIPLARTINA, EPIISOPILOTURINA E PRAZQUANTEL CONTRA Schistosoma mansoni**. 2017. Universidade Federal do Piauí, 2017.

CAMPOS, J. A.; PECO, J. D.; GARCÍA-NOGUERO, E. Antigerminative comparison between naturally occurring naphthoquinones and commercial pesticides. Soil dehydrogenase activity used as bioindicator to test soil toxicity. **Science of the Total Environment**, 2019.

CASTRO, M. D. J. P. DE. **POTENCIAL INSETICIDA DE EXTRATOS DE Piper tuberculatum JACQ. (PIPERACEAE) SOBRE A FASE LARVAL DE Spodoptera frugiperda (J. E. SMITH)**. Universidade Federal do Piauí, 2007.

CECCHIN, K. et al. Allelopathy and Allelochemicals of *Eragrostis plana* (Poaceae) and its Relation with Phenology and Nitrogen Fertilization. **Planta Daninha**, v. 35, 2017.

CHATTERJEE, A.; DUTTA, C. P. Alkaloids of *Piper longum* Linn—I. **Tetrahedron**, v. 23, n. 4, p. 1769–1781, jan. 1967.

CHATTERJEE, S. et al. Antioxidant activity of some phenolic constituents from green pepper (*Piper nigrum* L.) and fresh nutmeg mace (*Myristica fragrans*). **Food Chemistry**, v. 101, n. 2, p. 515–523, jan. 2007.

CHEN, J.-J. et al. Cytotoxic Amides from *Piper sintonense*. **Planta Medica**, v. 68, n. 11, p. 980–985, nov. 2002.

CHENG, F.; CHENG, Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. **Frontiers in Plant Science**, 2015.

CHRISTENHUSZ, M. J. M.; BYNG, J. W. The number of known plants species in the world and its annual increase. **Phytotaxa**, v. 261, n. 3, p. 201, 20 maio 2016.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 507–515, dez. 2003.

CHUNG, I. M. et al. **Review of the biotechnological applications of rice allelopathy in agricultural production** *Weed Biology and Management*, 2018.

CÍCERO BEZERRA FELIPE, F. et al. Piplartine, an amide alkaloid from *Piper tuberculatum*, presents anxiolytic and antidepressant effects in mice. **Phytomedicine**, v. 14, n. 9, p. 605–612, set. 2007.

COELHO, R. W. **Utilização de herbicidas no controle de capimannoni 2**. Bagé, RS: EMBRAPA. UEPAE de Bagé. Boletim de Pesquisa 3, 1985.

COELHO, R. W. Substâncias fitotóxicas presentes no capim-annoni-2. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 255–26, 1986.

COLE, D. J. Detoxification and activation of agrochemicals in plants. **Pesticide Science**, v. 42, n. 3, p. 209–222, nov. 1994.

COTINGUIBA, F. et al. Piperamides and their derivatives as potential anti-trypansomal agents. **Medicinal Chemistry Research**, v. 18, n. 9, p. 703–711, 13 dez. 2009.

COTINGUIBA, F. et al. **Proteomic profile of *Piper tuberculatum* (Piperaceae)**. DA SILVA, M. F. R. et al. Composition and biological activities of the essential oil of *Piper corcovadensis* (Miq.) C. DC (Piperaceae). **Experimental Parasitology**, v. 165, p. 64–70, jun. 2016.

DAS, B.; KASHINATHAM, A.; MADHUSUDHAN, P. Long chain esters and alkamides from *Piper Longum*. **Bollettino Chimico-farmaceutico**, v. 137, n. 8, p. 319–320, 1998.

DAYAN, F. E.; OWENS, D. K.; DUKE, S. O. Rationale for a natural products approach to herbicide discovery. **Pest Management Science**, v. 68, n. 4, p. 519–528, abr. 2012.

DE ALCÂNTARA-CONTESSOTO, N. S. et al. An investigation into the interaction between piplartine (piperlongumine) and human serum albumin. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 220, p. 117084, set. 2019.

DE MORAES, J. et al. In Vitro Synergistic Interaction Between Amide Piplartine and Antimicrobial Peptide Dermaseptin Against *Schistosoma mansoni* Schistosomula and Adult Worms. **Current Medicinal Chemistry**, v. 20, n. 2, p. 301–309, 1 jan. 2013.

DE OLIVEIRA, M. C. et al. Germinação de sementes de atemoia (*Annona cherimola* mill. × *A. squamosa* L.) CV “Gefner” submetidas a tratamentos com ácido giberélico (GA3) e ethephon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 544–554, 2010.

DE SOUZA OLIVEIRA, F. A. et al. Antiplasmodial and antileishmanial activities of compounds from *piper tuberculatum* jacq fruits. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 2018.

DEBONSI NAVICKIENE, H. M. et al. Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. **Química Nova**, 2006.

DIAS, L. S.; DIAS, A. S. Metabolitos secundários como fontes de bioherbicidas: situação actual e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, 2007.

DIMO, T. et al. Leaf methanol extract of *Bidens pilosa* prevents and attenuates the hypertension induced by high-fructose diet in Wistar rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 83, n. 3, p. 183–191, dez. 2002.

DODSON, C. D. et al. Cenocladamide, a dihydropyridone alkaloid from *Piper cenocladum*. **Phytochemistry**, v. 53, n. 1, p. 51–54, jan. 2000.

DOS SANTOS SALES, V. et al. In vitro modulation of the antibiotic activity of essential oil from fruits of *piper tuberculatum jacq.* **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, 2017.

DUKE, S. O. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? **Pest Management Science**, v. 68, n. 4, p. 505–512, abr. 2012.

EINHELLIG, F. A. Interactions involving allelopathy in cropping systems. **Agronomy Journal**, 1996.

ERVANARIUM. **Picão Preto**. Disponível em: <<https://ervanarium.com.br/planta/picao-preto-planta-medicinal/>>. Acesso em: 6 nov. 2019.

FAROOQ, N. et al. Allelopathy for Weed Management. In: MÉRILLON, J.-M.; RAMAWAT, K. G. (Ed.). **Co-Evolution of Secondary Metabolites**. 1. ed. [s.l.] Springer, Cham, 2020. p. 505–519.

FAVARETTO, A. et al. Pattern of allelochemical distribution in leaves and roots of tough lovegrass (*Eragrostis plana* Nees.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 11, p. 1119–1125, 2015.

FAVARETTO, A. **Identificação e avaliação de compostos bioativos do capim-annoni em plantas daninhas**. 2018. Universidade de Passo Fundo, 2018.

FAVARETTO, A. et al. New Phytotoxic Cassane-like Diterpenoids from *Eragrostis plana*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 7, p. 1973–1981, 20 fev. 2019.

FERREIRA, A. T. **Uma “exótica” no campo: o Capim Annoni-2 e suas influências na produção pecuária da coxilha de São Rafael, no município de Quaraí - RS**. 2011. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

FERREIRA, N. R.; MEDEIROS, R. B. de; SOARES, G. L. G. Potencial alelopático do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) na germinação de sementes de gramíneas perenes estivais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 43–50, 2008.

FIORENZA, M. et al. Análise fitoquímica e atividade alelopática de extratos de *Eragrostis plana* Nees (capim-annoni). **Iheringia, Série Botânica**, v. 71, n. 2, p. 193–200, 2016.

FORMAGIO, A. S. N. et al. Potencial alelopático de cinco espécies da família

Annonaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, p. 349–354, 2010.

FRANS, R. et al. Experimental Design and Techniques for Measuring and Analyzing Plant Responses to Weed Control Practices. In: CARPER, N. D. (Ed.). **Research methods in weed science**. 3. ed. [s.l.] Champaing: Southern Weed Science Society, 1986. p. 29–46.

FRIEDRICH, U. et al. New Prenylated Benzoic Acid Derivatives of *Piper hispidum*. **ChemInform**, v. 36, n. 41, 11 out. 2005.

GEISSBERGER, P.; SÉQUIN, U. Constituents of *Bidens pilosa* L.: Do the components found so far explain the use of this plant in traditional medicine? **Acta Tropica**, v. 48, n. 4, p. 251–261, fev. 1991.

GERHARDS, R.; SCHAPPERT, A. **Advancing cover cropping in temperate integrated weed management** **Pest Management Science**, 2020.

GIL, A. I.; CELIS, Á.; CUEVAS, J. C. Efecto inhibitorio de extractos de *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. y *Lantana camara* L. en preemergencia y posemurgencia. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, p. 223–234, 2010.

GÓES, D. F. et al. Atividade toxica do óleo essencial de *Piper duckei* (piperaceae) sobre microcrustáceo artemia salina / toxic activity of essential oil of *Piper duckei* (piperaceae) on microcrustacean artemia salina. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 96278–96284, 2020.

GONZAGA, S. S.; GONÇALVES, O. N. **AVALIACAO DA I .A EFICIENCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE CAPIM ANNONI2 (Eragrostis plana Nees)**. Bagé, RS: Embrapa Pecuária Sul, Circular Técnica, 13, 1999.

GOULART, I. C. G. R. et al. Controle de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana*) com herbicidas pré-emergentes em associação com diferentes métodos de manejo do campo nativo. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 181–190, mar. 2009.

GUIMARÃES, E. F.; DA SILVA GIORDANO, L. C. Piperaceae do Nordeste brasileiro I: Estado do Ceará. **Rodriguesia**, 2004.

HALL, G. A. B.; NASCIMENTO, A. do. Estudos comparativos de Capim-Annoni 2 (*Eragrostis plana* Nees) e pastagem nativa de várzea da região de Santa Maria, RS. II Crescimento ponderal e rebrote. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 15–21, 1978.

HEAP, I. M. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. In: Pesticide Science, **Anais**.1997.

HIERRO, J. L.; CALLAWAY, R. M. **Allelopathy and exotic plant invasion** **Plant and Soil**, 2003.

HSU, Y.-J. et al. Anti-hyperglycemic effects and mechanism of *Bidens pilosa* water extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 122, n. 2, p. 379–383, mar. 2009.

INDERJIT, K. M. M. DAKSHINI, C. L. F. **Principles and practices in plant ecology : allelochemical interactions**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1999.

INDERJIT et al. **The ecosystem and evolutionary contexts of allelopathy** *Trends in Ecology and Evolution*, 2011.

INDERJIT; DAKSHINI, K. M. M. The nature of the interference potential of *Pluchea lanceolata* (DC) C B Clarke (Asteraceae). **Plant and Soil: An International Journal on Plant-Soil Relationships**, 1990.

IQBAL, N.; KHALIQ, A.; CHEEMA, Z. A. Weed control through allelopathic crop water extracts and S-metolachlor in cotton. **Information Processing in Agriculture**, 2020.

JARAMILLO-COLORADO, B. E.; PINO-BENITEZ, N.; GONZÁLEZ-COLOMA, A. Volatile composition and biocidal (antifeedant and phytotoxic) activity of the essential oils of four Piperaceae species from Choco-Colombia. **Industrial Crops and Products**, v. 138, p. 111463, out. 2019

JARAMILLO, M. A.; MANOS, P. S.; ZIMMER, E. A. Phylogenetic relationships of the perianthless Piperales: Reconstructing the evolution of floral development. **International Journal of Plant Sciences**, 2004.

JYOTHI, D. et al. Diferuloylmethane augments the cytotoxic effects of pipartine isolated from *Piper chaba*. **Toxicology in Vitro**, v. 23, n. 6, p. 1085–1091, set. 2009.

KALISZ, S.; KIVLIN, S. N.; BIALIC-MURPHY, L. Allelopathy is pervasive in invasive plants. **Biological Invasions**, v. 23, p. 367–371, 2020.

KANAKI, N. et al. A rapid method for isolation of piperine from the fruits of *Piper nigrum* Linn. **Journal of Natural Medicines**, v. 62, n. 3, p. 281–283, 16 jul. 2008.

KARAM, D. MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS. **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SEMI-ÁRIDO**, p. 151–158, 2007.

KATO-NOGUCHI, H.; KURNIADIE, D. Allelopathy of *Lantana camara* as an Invasive Plant. **Plants**, v. 10, p. 1028, 2021.

KHAWAS, S. et al. In vivo cough suppressive activity of pectic polysaccharide with arabinogalactan type II side chains of *Piper nigrum* fruits and its synergistic effect with piperine. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 99, p. 335–342, jun. 2017.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas Infestante e nocivas**. São Paulo: BASF, 1933.

KONG, C. H. et al. **Allelochemicals and Signaling Chemicals in Plants** *Molecules (Basel, Switzerland)*, 2019.

KONG, E.-H. et al. Pipartine induces caspase-mediated apoptosis in PC-3 human prostate cancer cells. **Oncology Reports**, v. 20, p. 785–792, 1 jan. 2008.

KUMARI, P. et al. A Promising Anticancer and Antimalarial Component from the Leaves of *Bidens pilosa*. **Planta Medica**, v. 75, n. 01, p. 59–61, 24 jan. 2009.

- LAGO, J. H. G. et al. Benzoic Acid Derivatives from Piper Species and Their Fungitoxic Activity against *Cladosporium c ladosporioides* and *C. s pherospermum*. **Journal of Natural Products**, v. 67, n. 11, p. 1783–1788, nov. 2004.
- LEAL, S. M. et al. Antiprotozoal activity of essential oils derived from Piper spp. grown in Colombia. **Journal of Essential Oil Research**, v. 25, n. 6, p. 512–519, dez. 2013.
- LEI, J. et al. Cytotoxic Amides from Fruits of Kawakawa, *Macropiper excelsum*. **Planta Medica**, v. 81, n. 12/13, p. 1163–1168, 3 jun. 2015.
- LI, C.-Y. et al. Isolation and Identification of Antiplatelet Aggregatory Principles from the Leaves of Piper lolot. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 23, p. 9436–9442, nov. 2007.
- LIKHITWITAYAWUID, K. et al. Structural elucidation and synthesis of new components isolated from Piper sarmentosum (piperaceae). **Tetrahedron**, v. 43, n. 16, p. 3689–3694, jan. 1987.
- LIMA, J. dos S. et al. Atividade alelopática de extratos do fruto de piper aduncum L. Na germinação e crescimento inicial de cebola. **III Seminário de biodiversidade e agroecossistemas amazônicos**, p. 432–437, 2015.
- LÔBO, L. T. et al. Potencial alelopático de catequinas de Tachigali myrmecophyla (Leguminosae). **Química Nova**, v. 31, p. 493–497, 2008.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. São Paulo: Plantarum, 1991.
- LUSTOSA, F. L. F.; OLIVEIRA, S. C. C.; ROMEIRO, L. A. Efeito Alelopático de Extrato Aquoso de Piper aduncum L. e Piper tectoniifolium Kunth na Germinação e Crescimento de Lactuca sativa L. **Revista Brasileira de Biociências**, p. 849–851, 2007.
- MACEDO, W. **REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI 2**. Bagé, RS: Anais. Bagé: EMBRAPA - CPPSUL, 1993.
- MARQUES, J. V. **Atividade biológica de amidas e análogos de espécies de Piper e estudos biossintéticos**. 2009. Universidade de São Paulo, 2009.
- MARQUES, J. V. et al. Antifungal Amides from Piper scutifolium and Piper hoffmanseggianum. **Journal of Natural Products**, v. 70, n. 12, p. 2036–2039, dez. 2007.
- MARTHA PEREZ GUTIERREZ, R.; MARIA NEIRA GONZALEZ, A.; HOYO-VADILLO, C. Alkaloids from Piper: A Review of its Phytochemistry and Pharmacology. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 13, n. 2, p. 163–193, 1 fev. 2013.
- MARTINS, S. A. et al. Allelopathic potential and phytochemical screening of Piper divaricatum extracts on germination and growth of indicator plant (Lactuca sativa). **South African Journal of Botany**, n. 138, p. 495–499, 2021.

MEDEIROS, R. B. de et al. Seed longevity of *Eragrostis plana* Nees buried in natural grassland soil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 11, p. 561–567, nov. 2014.

MEDEIROS, R. B. de; SAIBRO, J. C. de; FOCHT, T. Invasão de capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) no bioma Pampa do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V. D. P. et al. (Ed.). **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília/DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009. p. 317–330.

MEHDIZADEH, M.; MUSHTAQ, W. Biological Control of Weeds by Allelopathic Compounds From Different Plants: A BioHerbicide Approach. In: **Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control**. [s.l.] Elsevier, 2020. p. 107–117.

MELO, A. M. et al. Extração, identificação e estudo do potencial antimicrobiano do óleo essencial de pimenta-preta (*Piper nigrum* L.), biomonitorado por *Artemia salina* leach. **Holos**, v. 1, p. 16, 2020.

MENDOZA F., C.; CELIS F., A.; PACHÓN S., M. E. HERBICIDE EFFECTS OF PIPER EXTRACTS ON A SEED BANK IN FUSAGASUGA (COLOMBIA). **Acta Horticulturae**, n. 1030, p. 77–82, abr. 2014.

MENGARDA, A. C. et al. Antiparasitic activity of pipartine (piperlongumine) in a mouse model of schistosomiasis. **Acta Tropica**, v. 205, p. 105350, maio 2020.

MEYER, L.; QUADROS, K. E.; ZENI, A. L. B. Etnobotânica na comunidade de Santa Bárbara, Ascurra, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, p. 258–266, 2012.

MING, Y. et al. Allelopathic Effects of *Castanea henryi* Aqueous Extracts on the Growth and Physiology of *Brassica pekinensis* and *Zea mays*. **Chemistry & Biodiversity**, v. 17, n. 6, 2020.

MITICH, L. W. Beggarticks. **Weed Technology**, v. 8, n. 1, p. 172–175, 12 mar. 1994.
MOLISCH, H. **Der Einfluss einer Pflanze auf die Andere: Allelopathie**. 1. ed. [s.l.] Nature Publishing Group, 1937. v. 141

MONQUERO, P. A. et al. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445–451, set. 2004.

MORAES, J. de et al. *Schistosoma mansoni*: In vitro schistosomicidal activity of pipartine. **Experimental Parasitology**, 2011.

MORAES, J. de et al. *Schistosoma mansoni*: In vitro schistosomicidal activity and tegumental alterations induced by pipartine on schistosomula. **Experimental Parasitology**, v. 132, n. 2, p. 222–227, out. 2012.

NASCIMENTO, S. A. et al. CHEMICAL STUDY AND ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF *Piper arboreum* (PIPERACEAE). **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 60, n. 1, p. 2837–2839, mar. 2015.

NAVICKIENE, H. M. D. et al. Antifungal amides from *Piper hispidum* and *Piper tuberculatum*. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 621–626, nov. 2000.

NAVICKIENE, H. M. D. et al. Toxicity of extracts and isobutyl amides from *Piper tuberculatum*: potent compounds with potential for the control of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis*. **Pest Management Science**, v. 63, n. 4, p. 399–403, abr. 2007.

NETO, A. C. A.; BARBOSA, U. do N.; MONTEIRO, A. L. B. Avaliação do potencial alelopático de *Piper corcovadensis* sobre a germinação de *Lactuca sativa*. **Arrudea**, p. 019, 2015.

NOGUEIRA, S. R. P. **Contribuições morfoanatômicas, estudo fitoquímico e de potencial alelopático, antioxidante e antibacteriano do extrato alcoólico e frações de folhas de *piper tuberculatum* jacq. (piperaceae)**. 2019. Universidade Federal do Amazonas - UFAM, 2019.

OOKA, J. K.; OWENS, D. K. Allelopathy in tropical and subtropical species. **Phytochemistry Reviews**, p. 1225–1237, 2018.

ORJALA, J. et al. Aduncamide, a Cytotoxic and Antibacterial b-Phenylethylamine-Derived Amide from *Piper aduncum*. **Natural Product Letters**, v. 2, n. 3, p. 231–236, 4 maio 1993.

PARMAR, V. S. et al. Phytochemistry of the genus *Piper*. **Phytochemistry**, 1997.

PASSOS, M. M. B. dos et al. Disseminação cultural das garrafadas no Brasil: um paralelo entre medicina popular e legislação sanitária. **Saúde Debate**, v. 42, n. 116, p. 248–262, jan. 2018.

PISKA, K. et al. Piperlongumine (piplartine) as a lead compound for anticancer agents – Synthesis and properties of analogues: A mini-review. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 156, p. 13–20, ago. 2018.

POHLIT, A. M. et al. Screening of plants found in the State of Amazonas, Brazil for activity against *Aedes aegypti* larvae. **Acta Amazonica**, 2004.

PRADHAN, K. J.; VARIYAR, P. S.; BANDEKAR, J. R. Antimicrobial Activity of Novel Phenolic Compounds from Green Pepper (*Piper nigrum* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 121–123, mar. 1999.

PRATA, A. P. do N. **Botânica Sistemática e Econômica**. São Cristóvão - SE: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2010.

PUDEŁKO, K.; MAŃKOWSKI, J.; KOŁODZIEJ, J. Cultivation of Fiber and Oil Flax (*Linum usitatissimum* L.) in No-Tillage and Conventional Systems. Part II. Influence of No-Tillage and Use of Herbicides on Yield and Weed Infestation of Oil Flax and the Physical and Biological Properties of the Soil. **Journal of Natural Fibers**, v. 12, n. 1, p. 72–83, 2 jan. 2015.

PUTNAM, A. R. Weed allelopathy. In: **Weed Physiology: Volume I: Reproduction**

and Ecophysiology. 1. ed. [s.l.] CRC Press, 2018.

RADHAKRISHNAN, R.; ALQARAWI, A. A.; ABD-ALLAH, E. F. Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 158, p. 131–138, ago. 2018.

RAMOS, C. et al. Metabolization of Insecticidal Amides from Leaves of *Piper tuberculatum* by *Heracleides hectorides* and *Naupactus bipes*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 2020.

RAMOS, C. S.; KATO, M. J. Hydrolysis of methyl benzoate from *Piper arboreum* by *Naupactus bipes* beetle. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, n. 3, p. 560–563, 2009.

RAMOS, C. S.; KATO, M. J. Metabolism of neolignans from *P. regnellii* (Piperaceae) in the beetle *Naupactus bipes* (Coleoptera: Curculionidae). **Chemoecology**, v. 23, n. 3, p. 143–148, 26 set. 2013.

RAMOS, C. S.; VANIN, S. A.; KATO, M. J. Metabolism of (-)-grandisin from *Piper solmsianum* in Coleoptera and Lepidoptera species. **Phytochemistry**, v. 69, n. 11, p. 2157–2161, ago. 2008.

RAO, V. R. et al. Synthesis and biological evaluation of new piplartine analogues as potent aldose reductase inhibitors (ARIs). **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 57, p. 344–361, nov. 2012.

RATHOD, S. S.; RATHOD, V. K. Extraction of piperine from *Piper longum* using ultrasound. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 259–264, jul. 2014.

REIS, J. C. L.; OLIVEIRA, O. L. P. de. **Considerações sobre o Capim Annoni 2 (Eragrostis plana Nees.)**. Bagé, RS: EMBRAPA. UEPAE de Bagé. Circular técnica 2, 1978.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2. ed. Orlando: Academic Press, 1984.

RODRIGUES, R. V. et al. Antinociceptive Effect of Crude Extract, Fractions and Three Alkaloids Obtained from Fruits of *Piper tuberculatum*. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, v. 32, n. 10, p. 1809–1812, 2009.

ROMAN, E. S. et al. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 301–306, jun. 2004.

RUKACHAISIRIKUL, T. et al. Chemical constituents and bioactivity of *Piper sarmentosum*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 93, n. 2–3, p. 173–176, ago. 2004.

RUSCHEL, D. **O gênero Piper (Piperaceae) no Rio Grande do Sul**. 2004. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

SÁNCHEZ, D. C. **Optimización de bioensayos alelopáticos: aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales**. 2002.

SANTOS, V. L. P. dos et al. Review of Piper species growing in the Brazilian State of Paraná with emphasize on the vegetative anatomy and biological activities. **The Botanical Review**, v. 87, p. 23–54, 2021.

SANTOS, J. .; CURY, J. . Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, v. 29, n. spe, p. 1159–1172, 2011.

SANTOS, M. R. A. et al. Composição química e atividade inseticida do extrato acetônico de Piper alatabaccum Trel & Yuncker (Piperaceae) sobre Hypothenemus hampei Ferrari. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 3, p. 332–336, 2013.

SARI, D. R. T.; BARE, Y. Physicochemical properties and biological activity of bioactive compound in Pepper nigrum: In silico study. **Journal Biologi & Pendidikan Biologi**, v. 1, p. 6, 2020.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; FIORENTIN, F. J. R.; FAVARETTO, A. Influence of Phenology and Post-Harvest Processing of Vegetal Material on the Allelopathy of Annoni Grass (Eragrostis plana) Extracts. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

SCOTT, I. M. et al. Insecticidal activity of Piper tuberculatum Jacq. extracts: Synergistic interaction of piperamides. **Agricultural and Forest Entomology**, 2002.

SCOTT, I. M. et al. Analysis of piperaceae germplasrn by HPLC and LCMS: A method for isolating and identifying unsaturated amides from Piper spp extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2005.

SHENOY, P. A. et al. Anti-snake venom activities of ethanolic extract of fruits of Piper longum L. (Piperaceae) against Russell's viper venom: Characterization of piperine as active principle. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 147, n. 2, p. 373–382, maio 2013.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. **Editores UFV**, 2007.

SILVA, C. B. da et al. Composição química e atividade alelopática do óleo volátil de Hydrocotyle bonariensis LAM (Araliaceae). **Química Nova**, p. 2373–2376, 2009.
SILVA, M. G. F. da. **Avaliação do potencial alelopático de raízes de capim annoni-2 (Eragrostis plana Nees) e estudo fitoquímico**. 2014. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

SILVA, R. V. da et al. Antifungal amides from Piper arboreum and Piper tuberculatum. **Phytochemistry**, v. 59, n. 5, p. 521–527, mar. 2002.

SILVA, R. J. F. et al. Caracterização farmacognóstica de Piper arboreum var. arboreum e P. tuberculatum (Piperaceae). **Acta Amazonica**, 2016.

SIMÕES, L. F. **Efeito do extrato de piper turbeculatum sobre schistosoma mansoni da linhagem BH**. 2009. Universidade Estadual de Campinas, 2009.

SINGH, J. et al. Structure of a new pyrrolidine alkaloid from Piper trichostachyon.

Phytochemistry, v. 13, p. 677–678, 1974.

SINGH, S. K. et al. Neolignans and alkaloids from *Piper argyrophyllum*.
Phytochemistry, v. 43, n. 6, p. 1355–1360, dez. 1996.

SOUZA, F. A. P. S.; ALVES, S. M. Potencial alelopático de plantas de Acapu (*Vouacapoua americana*): Efeitos sobre plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha, Viçosa- MG**, 2000.

SOUZA FILHO, A. P. da S. et al. Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas. **Acta Amazonica**, p. 389–396, 2009.

SOUZA FILHO, A. P. da S.; ALVES, S. de M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. [s.l: s.n.]

SOUZA FILHO, A. P. da S.; RODRIGUES, L. R. de A.; RODRIGUES, T. de J. D. Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas forrageiras sobre três invasoras de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 165–170, 1997.

SOUZA FILHO, A. P. S. e al. Potentially allelopathic effects of the essential oils of *Piper hispidinervium* C.DC. and *Pogostemon heyneanus* (Benth) on weeds. **Acta Amazonica**, p. 389–396, 2009.

SOUZA FILHO, A. P. S.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, L. S. Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório: revisão crítica. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 689–697, 2010a.

SOUZA FILHO, A. P. S.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, L. S. Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório: revisão crítica. **Planta Daninha**, 2010b.

SOUZA FILHO, A. P. S.; PEREIRA, A. A. G.; BAYMA, J. C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 25–32, mar. 2005.

SUZUKI, T.; YAMATO, S. Mode of action of piperovatine, an insecticidal piperamide isolated from *Piper piscatorum* (Piperaceae), against voltage-gated sodium channels. **NeuroToxicology**, v. 69, p. 288–295, dez. 2018.

TABAGLIO, V. et al. Alternative weed control using the allelopathic effect of natural benzoxazinoids from rye mulch. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 28, n. 3, p. 397–401, set. 2008.

TREZZI, M. M. et al. Allelopathy: driving mechanisms governing its activity in agriculture. **Journal of Plant Interactions**, v. 11, n. 1, p. 53–60, 1 jan. 2016.

TWARDOWSKI, T. et al. A invasão do capim-annoni (*Eragrostis plana* Ness) em pastagens sul-brasileiras. **MilkPoint**, 2018.

VÁZQUEZ-MARTÍNEZ, J. et al. Bioautography and GC-MS based identification of

piperine and trichostachine as the active quorum quenching compounds in black pepper. **Heliyon**, v. 6, n. 1, p. e03137, jan. 2020.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Análise de crescimento de biótipos de leiteira (*Euphorbia heterophylla*) resistentes e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 427–433, 2000.

VIEIRA, G. A. L. et al. Trypanosoma cruzi: analysis of two different strains after pipartine treatment. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**, v. 22, n. 3, p. 208–218, maio 2018.

VILHENA, K. S. S. et al. Chemical investigation of *Cyperus distans* L. and inhibitory activity of scabequinone in seed germination and seedling growth bioassays. **Natural Product Research**, v. 28, n. 23, p. 2128–2133, 2 dez. 2014.

WANG, G.-W.; CAO, J.; WANG, X.-Q. Effects of ethanol extract from *Bidens pilosa* L. on spontaneous activity, learning and memory in aged rats. **Experimental Gerontology**, v. 125, p. 110651, out. 2019.

WANG, H. et al. Protection effect of piperine and piperlonguminine from *Piper longum* L. alkaloids against rotenone-induced neuronal injury. **Brain Research**, v. 1639, p. 214–227, maio 2016.

WANG, R.; WU, Q.-X.; SHI, Y.-P. Polyacetylenes and Flavonoids from the Aerial Parts of *Bidens pilosa*. **Planta Medica**, v. 76, n. 09, p. 893–896, 27 jun. 2010.

WILLIS, R. J. **The history of allelopathy**. [s.l.] Springer, 2007.

WORTMAN, S. E. et al. Mechanical Termination of Diverse Cover Crop Mixtures for Improved Weed Suppression in Organic Cropping Systems. **Weed Science**, v. 61, n. 1, p. 162–170, 20 mar. 2013.

YUNCKER, T. G. The Piperaceae—A family profile. **Brittonia**, 1958.

ZARAI, Z. et al. Antioxidant and antimicrobial activities of various solvent extracts, piperine and piperic acid from *Piper nigrum*. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 634–641, mar. 2013.

ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 431–446, set. 2011.

ZHIJIE ZHANG, Y. L. et al. Effect of allelopathy on plant performance: a meta-analysis. **Ecology Letters**, v. 24, n. 2, p. 348–362, 2020.