



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WENDY LINARES COLOMBO

Spermacoce verticillata: INTERAÇÃO COM PLANTAS DANINHAS E
ALELOPATIA SOBRE A CULTURA DO TRIGO

PALOTINA

2022

WENDY LINARES COLOMBO

Spermacoce verticillata: INTERAÇÃO COM PLANTAS DANINHAS E
ALELOPATIA SOBRE A CULTURA DO TRIGO

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Biotecnologia, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Orientadora: Prof(a). Dra. Patricia da Costa Zonetti

Coorientador: Prof. Dr. Isac George Rosset

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht

PALOTINA

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.
Biblioteca UFPR Palotina.

C718

Colombo, Wendy Linares

Spermacoceverticillata: interação com plantas daninhas e alelopatias obre a cultura do trigo / Wendy Linares Colombo.– Palotina, PR, 2022.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia.
Orientadora: Dra. Patricia da Costa Zonetti.
Coorientador: Prof. Dr. Isac George Rosset.
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Paiola Albrech.

1. Plantas Daninhas. 2. Interferência. 3. Vassourinha-de-botão.
I. Zonetti, Patricia da Costa. II. Rosset, Isac George. III. Albrech, Leandro Paiola. IV. Universidade Federal do Paraná. V. Título.

CDU 632.5

Bibliotecária: Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653

TERMO DE APROVAÇÃO DA BANCA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO BIOTECNOLOGIA -
40001016083P6

ATA Nº53

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM BIOTECNOLOGIA

No dia vinte e sete de abril de dois mil e vinte e dois às 19:30 horas, na sala Virtual, Via Plataforma Zoom, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de dissertação do mestrando WENDY LINARES COLOMBO, intitulada: *Spermatoce verucillata*: INTERAÇÃO COM PLANTAS DANINHAS E ALELOPATIA SOBRE A CULTURA DO TRIGO, sob orientação da Profa. Dra. PATRICIA DA COSTA ZONETTI. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação BIOTECNOLOGIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: PATRICIA DA COSTA ZONETTI (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), EDICLÉIA APARECIDA BONINI E SILVA (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ), ALFREDO JUNIOR PAIOLA ALBRECHT (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de mestre está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, PATRICIA DA COSTA ZONETTI, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

PALOTINA, 27 de Abril de 2022.

Assinatura Eletrônica

28/04/2022 14:02:29.0

PATRICIA DA COSTA ZONETTI

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

28/04/2022 16:07:28.0

EDICLÉIA APARECIDA BONINI E SILVA

Avallador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

03/05/2022 09:21:59.0

ALFREDO JUNIOR PAIOLA ALBRECHT

Avallador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

RUA PIONEIRO, 2153 - PALOTINA - Paraná - Brasil
CEP 85950-000 - Tel: (44) 3211-8500 - E-mail: mestrado@biotecufpr@gmail.com
Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.
Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 179215
Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 179215



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO BIOTECNOLOGIA -
40001016083P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação BIOTECNOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de WENDY LINARES COLOMBO intitulada: *Spermacoce verticillata*: INTERAÇÃO COM PLANTAS DANINHAS E ALELOPATIA SOBRE A CULTURA DO TRIGO, sob orientação da Profa. Dra. PATRICIA DA COSTA ZONETTI, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 27 de Abril de 2022.

Assinatura Eletrônica

28/04/2022 14:02:29.0

PATRICIA DA COSTA ZONETTI

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

28/04/2022 16:07:28.0

EDICLEIA APARECIDA BONINI E SILVA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

03/05/2022 09:21:59.0

ALFREDO JUNIOR PAIOLA ALBRECHT

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Agradecimentos

Aos meus pais pelos incentivos constantes ao meu desenvolvimento como pessoa.

A minha noiva Noelle que sempre me incentivou e apoiou em todos os momentos. Agradeço também pelo amor e carinho incondicional que ela sempre teve comigo.

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia pela oportunidade;

À minha orientadora Profa. Dra. Patricia da Costa Zonetti e meus coorientadores Prof. Dr. Isac George Rosset e Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht pela oportunidade, apoio e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho;

A Syngenta pelo reconhecimento da minha dedicação contínua a este trabalho e a importância que ele representa.

Aos meus amigos Araujo, Betinho, Leonardo e Guilherme, pela ajuda e dedicação, sem a ajuda deles esse trabalho não teria acontecido.

À todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

RESUMO

A interferência imposta pelas plantas daninhas está ligada a vários fatores que juntos são responsáveis pela queda significativa na produtividade das culturas. *Spermacoce verticillata* L., conhecida popularmente como vassourinha de botão têm se tornado um entrave à atividade agrícola o que se dá por processo competitivo e possível efeito alelopático da espécie. Vários trabalhos descrevem os fitoquímicos presentes na *S. verticillata*, sendo eles alcaloides, flavonoides e terpenoides, além de antraquinonas, saponinas, compostos fenólicos, taninos e glicosídeos. O objetivo deste trabalho foi avaliar se a interação da *Spermacoce verticillata* com diferentes plantas daninhas afeta o desenvolvimento e metabolismo da espécie assim como se na área de cultivo haverá interferência alelopática sobre a cultura do trigo. Para isto foram realizados os tratamentos com as espécies *Spermacoce verticillata* (BOIVE) como sendo o foco principal do estudo, seguido de *Brachiaria plantaginea* (BRAPL), *Cenchrus echinatus* (CCHC), *Ipomoea hederifolia* (IPOHF) e *Amaranthus viridis* (AMAVI) como espécies infestantes. A espécie *S. verticillata* conviveu no mesmo ambiente (parcela amostral) com as outras espécies, com a finalidade de entender qual seria a interferência dessa espécie nas outras espécies. Durante o período amostral, foram realizadas análises fitométricas de altura de plantas, número de folhas e perfilhos e o número de plantas por metro linear. Após a realização das análises, foi coletado plantas de *S. verticillata* de todas as parcelas e quantificado os compostos fenólicos e flavonoides em seguida foi cultivado trigo e obtido deste a produtividades em kg.ha⁻¹. O convívio de *S. verticillata* afetou principalmente altura de plantas e número de folhas e perfilhos de outras plantas daninhas, causando redução no crescimento vegetativo destas. Contudo, não foi possível quantificar e ou endereçar a ocorrências das diminuições destas características, sendo elas por fatores químicos, físicos, biológicos ou do meio em que estão. Os resultados obtidos a partir de análises bioquímicas de compostos fenólicos e flavonoides não foram responsivos a justificar que a espécie *S. verticillata* apresenta ou não aumento na presença destes quando em convívio com outras espécies e inferir que estes possam estar sendo liberados em maior ou menor quantidade no meio. No entanto, as condições experimentais na qual a *S. verticillata* estava presente refletiu em menor produtividade no trigo, podendo indicar a presença de algum composto com ação alelopática.

Palavras-chave: Vassourinha-de-botão. Interferência. Interação com plantas daninhas.

ABSTRACT

The interference imposed by weeds is linked to several factors that together are responsible for the significant drop in productivity of *Spermacoce verticillata* L., popularly known as button broom, have become an obstacle to agricultural activity, which has become gives by competitive process and possible allelopathic effect of the species. Several works describe the phytochemicals present in *S. verticillata*, which are alkaloids, flavonoids and terpenoids, in addition to anthraquinones, saponins, phenolic compounds, tannins and glycosides. The objective of this work was to evaluate if the interaction of *Spermacoce verticillata* with different weeds affects the development and metabolism of the species as well as if in the cultivation area there will be allelopathic interference on the wheat crop. For this, treatments were carried out with the species *Spermacoce verticillata* (BOIVE) as the main focus of the study, followed by *Brachiaria plantaginea* (BRAPL), *Cenchrus echinatus* (CCHEC), *Ipomoea hederifolia* (IPOHF) and *Amaranthus viridis* (AMAVI) as weed species. The species *S. verticillata* lived in the same environment (sample plot) with the other species, in order to understand what the interference of this species in the other species would be. During the sampling period, phytometric analyzes of plant height, number of leaves and tillers and the number of plants per linear meter were performed. After carrying out the analyses, plants of *S. verticillata* were collected from all plots and the phenolic and flavonoid compounds were quantified, then wheat was cultivated, and yields were obtained in kg.ha⁻¹. The coexistence of *S. verticillata* mainly affected plant height and number of leaves and tillers of other weeds, causing a reduction in their vegetative growth. However, it was not possible to quantify or address the occurrence of decreases in these characteristics, whether due to chemical, physical, biological or environmental factors. The results obtained from biochemical analyzes of phenolic compounds and flavonoids were not responsive to justify that the species *S. verticillata* presents or not an increase in their presence when in contact with other species and to infer that they may be being released in greater or lesser amounts. in the middle. However, the experimental conditions in which *S. verticillata* was present reflected in lower productivity in wheat, which may indicate the presence of some compound with allelopathic action.

Keywords: Vassourinha de Botão. Interference. Interaction with weeds.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – A PLANTA <i>SPERMACOCE VERTICILLATA</i>	19
FIGURA 2 - PREPARO DA ÁREA PARA O PLANTIO.....	28
FIGURA 3 - ÁREA APÓS A SEMEADURA DAS PLANTAS DANINHAS	30
FIGURA 4 - ÁREA APÓS A SEMEADURA DA CULTURA DO TRIGO.....	31
FIGURA 5 - MEDIÇÃO DA ALTURA DA PLANTA <i>S. VERTICILLATA</i>	32
FIGURA 6 - CONTAGEM DE NÚMERO DE PLANTAS	33
FIGURA 7 – BOIVE EM CONVÍVIO COM AS DICOTILEDÔNEAS	39
FIGURA 8 – BOIVE EM CONVÍVIO COM AS MONOCOTILEDÔNEAS	40
FIGURA 9 – VISTA DA ÁREA NA PRÉVIA DA COLHEITA DO ENSAIO	53

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA DO AR AO LONGO DO PERÍODO EXPERIMENTAL	27
GRÁFICO 2 - CURVA ANALÍTICA DE ÁCIDO GÁLICO	34
GRÁFICO 3 - CURVA ANALÍTICA DE QUERCETINA DILUÍDA EM METANOL:ÁGUA (1:1)	35

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ATIVIDADES BIOLÓGICAS DE COMPOSTOS FITOQUÍMICOS EXTRAÍDOS DE <i>SPERMACOCE VERTICILLATA</i>	20
QUADRO 2 - ANÁLISE DE SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL EM CAFELÂNDIA/PR.....	26
QUADRO 3 - TRATAMENTOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO	28
QUADRO 4 - NÚMERO DE PLANTAS POR METRO LINEAR.....	29

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ALTURA (CM) DA ESPÉCIE <i>S. VERTICILLATA</i> , COMPARANDO TRATAMENTOS E DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO .	36
TABELA 2 - ALTURA (CM) DAS ESPÉCIES <i>AMARANTHUS VIRIDIS</i> E <i>IPOMOEA HEDERIFOLIA</i> , COMPARANDO ENTRE OS DIFERENTES TRATAMENTOS COM E SEM A PRESENÇA DE <i>SPERMACOCE VERTICILLATA</i> E DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO	38
TABELA 3 - ALTURA (CM) DAS ESPÉCIES <i>BRACHIARIA PLANTAGINEA</i> E <i>CENCHRUS ECHINATUS</i> , COMPARANDO ENTRE OS DIFERENTES TRATAMENTOS COM E SEM A PRESENÇA DE <i>SPERMACOCE VERTICILLATA</i> E DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO	39
TABELA 4 - NÚMERO DE FOLHAS DA ESPÉCIE <i>S. VERTICILLATA</i> , COMPARANDO TRATAMENTOS E DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO	41
TABELA 5 - NÚMERO DE FOLHAS DAS ESPÉCIES <i>AMARANTHUS VIRIDIS</i> E <i>IPOMOEA HEDERIFOLIA</i> , COMPARANDO ENTRE OS DIFERENTES TRATAMENTOS COM E SEM A PRESENÇA DE <i>SPERMACOCE VERTICILLATA</i> E DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABELA 6 - NÚMERO DE PERFILHOS DAS PLANTAS DE <i>BRACHIARIA PLANTAGINEA</i> E <i>CENCHRUS ECHINATUS</i> , COMPARANDO ENTRE OS DIFERENTES TRATAMENTOS COM E SEM A PRESENÇA DE <i>SPERMACOCE VERTICILLATA</i> E DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO	43
TABELA 7 - NÚMERO DE PLANTAS <i>S. VERTICILLATA</i> , COMPARANDO TRATAMENTOS E DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO .	45
TABELA 8 - NÚMERO DE PLANTAS DAS ESPÉCIES <i>AMARANTHUS VIRIDIS</i> E <i>IPOMOEA HEDERIFOLIA</i> , COMPARANDO ENTRE OS DIFERENTES TRATAMENTOS COM E SEM A PRESENÇA DE <i>SPERMACOCE VERTICILLATA</i> E DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO	47

TABELA 9 - NÚMERO DE PLANTAS DAS ESPÉCIES DE <i>BRACHIARIA PLANTAGINEA</i> E <i>CENCHRUS ECHINATUS</i> , COMPARANDO ENTRE OS DIFERENTES TRATAMENTOS COM E SEM A PRESENÇA DE <i>SPERMACOCE VERTICILLATA</i> E DIFERENTES ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO	48
TABELA 10 - CHAVES DE IDENTIFICAÇÃO DO ESTÁGIO DE CRESCIMENTO PARA PLANTAS MONO E DICOTILEDÔNEAS	49
TABELA 11 - COMPOSTOS FENÓLICOS E FLAVONOIDES DE <i>SPERMACOCE VERTICILLATA</i>	50
TABELA 12 - PRODUTIVIDADE EM KG/HA DA CULTURA DO TRIGO	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MATOPIBA - Acrônimo formado pelas iniciais dos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

DAE - Dias após a emergência

RCPol - Rede de catálogos polínicos online

USDA - United States Department Agriculture

BOIVE - *Spermacoce verticillata*

AMAVI - *Amaranthus viridis*

IPOHF - *Ipomoea hederifolia*

BRAPL - *Brachiaria plantaginea*

CCHEC - *Cenchrus echinatus*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 <i>Spermacoce verticillata</i> L.....	18
3.2 ALELOPATIA.....	21
3.3 METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE <i>Spermacoce verticillata</i>	22
3.4 TRIGO.....	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL	27
4.2 AVALIAÇÕES FITOMÉTRICAS DAS PLANTAS DANINHAS	31
4.2.1 Altura de planta	32
4.2.2 Número de folhas/perfilhos.....	32
4.2.3. Número de plantas por metros lineares	33
4.3 AVALIAÇÕES DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE <i>Spermacoce verticillata</i>	33
4.3.1 Conteúdo de compostos fenólicos	33
4.3.2 Conteúdo total de flavonoides	34
4.4 AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DO TRIGO CULTIVADO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS APÓS O CONVÍVIO DA <i>S. verticillata</i> COM A PLANTAS DANINHAS	35
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 AVALIAÇÕES FITOMÉTRICAS.....	36

5.1.1 Altura de plantas (cm)	36
5.1.2 Número de folhas e perfilhos	41
5.1.3 Número de plantas	45
5.1.4 BBCH – Chaves de Identificação do Estágio de Crescimento para Plantas Mono e Dicotiledôneas	49
5.2 AVALIAÇÕES DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE <i>Spermacoce verticillata</i>	49
5.3 PRODUTIVIDADE DO TRIGO CULTIVADO NA ÁREA DE CONVÍVIO DAS PLANTAS DANINHAS	51
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
7 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Um bilhão de pessoas ao redor do mundo não consome alimentos em quantidades suficientes para suprir suas necessidades energéticas. Elevar a produtividade de culturas se faz essencial, principalmente se levado em conta o acelerado crescimento populacional previsto para os próximos anos. Estima-se que 20% do total de alimentos produzidos no mundo é perdido devido à interferência de plantas daninhas, que, nos últimos anos, causaram prejuízos da ordem de 28 bilhões de dólares nos Estados Unidos e no Canadá (SOLTANI *et al.*, 2016).

A interferência imposta pelas plantas daninhas está ligada a vários fatores que juntos são responsáveis pela queda significativa na produtividade das culturas. Cada cultura e a comunidade infestante, podem acarretar perdas com maior ou menor significância. A intensidade da interferência normalmente é avaliada por meio de decréscimos de produção e/ou pela redução no crescimento da planta cultivada; isso devido à competição pelos fatores de crescimento disponíveis no ambiente, como CO₂, água, luz e nutrientes, à liberação de substâncias alelopáticas e, de forma indireta, pelo fato de as plantas daninhas serem hospedeiras intermediárias de pragas, doenças e nematoides, além de dificultarem a realização de tratos culturais e da colheita (FREITAS, 2009).

Vários são os trabalhos que demonstram as perdas advindas da convivência das culturas com as plantas daninhas (AZZI, 1970; AREVALO *et al.*, 1977; BLANCO, 1982; CONSTANTIN, 1993; MARTINS; PITELLI, 1994; SPADOTTO *et al.*, 1994; ROSSI *et al.*, 1996; SOUZA *et al.*, 1997; PERESSIN *et al.*, 1998; CARVALHO, 2001; AGOSTINETTO *et al.*, 2008). Porém, a interferência não se estabelece durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, havendo períodos em que a convivência com a comunidade infestante acarreta perdas significativas de produtividade das plantas cultivadas e outros períodos em que não há interferência na produção (CARVALHO, 2011). Sendo assim, mesmo quando a planta daninha é controlada adequadamente, existe um aumento significativo no custo de produção em função dos altos custos das práticas de controle.

Segundo Silva (1983), as plantas daninhas são indubitavelmente um dos mais importantes fatores que afetam a economia agrícola, em caráter permanente. Por esses motivos, o controle é indispensável para o bom desenvolvimento das culturas.

O conhecimento da capacidade de interferência de plantas daninhas sobre as culturas é importante na tomada de decisão para realização do controle (VIDAL *et al.*, 2004). Vários fatores influenciam a intensidade de competição entre as plantas cultivadas e as plantas daninhas. Eles foram, originalmente, esquematizados por Bleasdale (1960), modificados por Blanco (1972) e, posteriormente, adaptados por Pitelli (1985); alguns são ligados à própria cultura, outros são ligados à comunidade infestante, e os fatores ambientais de clima, solo e tratos culturais também influenciam a interação entre as plantas cultivadas e a comunidade infestante. De todos os fatores atrelados a competição entre plantas daninhas e a cultura do trigo por exemplo, um dos mais importantes é o potencial de liberação de metabólitos secundários (compostos alelopáticos) que cada planta possui individualmente.

Neste contexto, a espécie *Spermacoce verticillata* L. têm se tornado um problema na atividade agrícola. Esta espécie, conhecida popularmente como vassourinha de botão, pertence à família Rubiaceae e é amplamente disseminada pelo Continente Americano.

A *S. verticillata* apresenta alto potencial de interferência e alto índice de ineficiência do controle químico na região conhecida como MATOPIBA (acrônimo formado pelas iniciais dos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), considerada a grande fronteira agrícola nacional da atualidade, responsável por grande parte da produção de grãos e fibras no país (MARTINS, 2009; MARQUES, 2010; SANTOS, 2016; FADIN; MONQUEIRO, 2019; EMBRAPA, 2021), sendo de grande importância os trabalhos que relatam a mato competição entre essa espécie, em vista que cada cultura apresenta uma supressão sobre o mesmo ambiente que convive com a comunidade em questão.

O grande número de trabalhos publicados sobre *S. verticillata* são dedicados a estudos que abordam o difícil controle químico desta espécie e ao potencial químico que a planta apresenta em diferentes circunstâncias relacionadas a área da saúde. percebe-se que *S. verticillata* foi pouco explorada

em âmbito comportamental de convivência com outras espécies e a sua capacidade de liberação de compostos alelopáticos como finalidade de predominância no meio onde habita.

Na cultura do trigo, diversos fatores limitam a produtividade, dentre os quais se destaca a competição imposta por plantas daninhas. A intensidade da competição normalmente é avaliada por meio de decréscimos de produção e/ou pela redução no crescimento da planta cultivada. Entretanto, os resultados da relação planta daninha-cultura dependem, também, de outros fatores específicos, que incluem variações meteorológicas, composição e população das espécies presentes e práticas de manejo.

Sendo assim, faz-se necessário estudos que avaliem o potencial de liberação de compostos secundários quando a *S. verticillata* está em convívio com outras espécies no mesmo ambiente, antecedendo o plantio do trigo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar se a interação interespecífica de *Spermacoce verticillata* com diferentes plantas daninhas afeta o desenvolvimento e metabolismo da espécie assim como se na área de cultivo haverá interferência alelopática sobre o trigo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os efeitos da convivência da *Spermacoce verticillata* com outras espécies de plantas daninhas;
- Analisar o conteúdo de compostos fenólicos e flavonoides presentes em *S. verticillata* nos diferentes tipos de convívio com outras espécies daninhas;
- Estudar interferência da *S. verticillata* com e sem cultivo de convivência sobre o cultivo da cultura do trigo;
- Inferir sobre possível ação alelopática da *S. verticillata* sobre o trigo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Spermacoce verticillata* L.

S. verticillata é uma planta daninha que está distribuída no Brasil e pertence à família Rubiaceae. É uma espécie perene, de hábito ereto, subarbusivo, com caule tetragonal, folhas opostas com estípulas unidas em uma bainha (Figura 1). Pode ter pequenas flores brancas agrupadas em glomérulos globosos frutos capsulares e sementes elipsoides de 1,2-1,4 mm que são encontradas na superfície do solo. A dormência das sementes é quebrada com as temperaturas alternadas entre 20-30°C, germinando rapidamente de setembro a novembro. A germinação é bloqueada se a semente se encontra a uma profundidade superior a 2 cm e/ou tem cobertura (MARTINS, 2008). O ciclo de crescimento vegetativo começa na primavera e dura até meados de outono.

S. verticillata está adaptada para tolerar níveis consideráveis de estresse, solos subúmidos a semiáridos e soltos, com pH ácido ou alcalino o que denota sua tolerância e adaptabilidade (RCPol, 2016). Embora o crescimento inicial da plântula seja lento (dado o tamanho muito pequeno da semente), após 30 - 40 dias de emergência, as mudas aumentam sua biomassa muito rapidamente.

Figura 1 – A Planta *Spermacoce verticillata*



FONTE: O autor (2021).

As plantas são perenes devido a presença de xilopódios e rizomas. Os brotos de xilopódios no campo são observados em agosto, quando a temperatura começa a subir, os rizomas brotam em setembro após as primeiras chuvas e o surgimento de mudas de sementes ocorre no final de outubro, durando até meados de novembro (LANFRANCONI, 2016). As lacunas na emergência de populações geradas a partir de ambos os tipos de propágulos, como diferenças na fenologia, requerem levantamentos sistemáticos, essencial para programar a oportunidade, tipo e doses de herbicidas que são necessários para controlar eficazmente essa espécie (COSCI; COYOS, 2015). Uma planta

isolada pode produzir 90.000 sementes (VIBRANS, 2011). Uma vez na fase adulta, as plantas podem viver até quatro anos.

São inúmeras as indicações e usos populares de partes das plantas da *S. verticillata*. A infusão das flores é usada como antipirética e analgésica, o macerado das raízes como emética, antidiarreica, antimalárica e no tratamento de hemorróidas e erisipela e o chá das raízes é usado para tratar leucorréias e blenorragias as folhas são usadas na inflamação dos olhos e gengiva, cegueira, hemorragia, disenteria, diarreia (CONSERVA *et al.*, 2012; ABDULLAHI-GERO *et al.*, 2014; MURTALA *et al.*, 2015).

Essa espécie tem sido utilizada na medicina tradicional da América Latina, Ásia, África e Oeste da Índia, por suas atividades analgésica, antipirética, anti-inflamatória, anti-tumoral, antimicrobiana, larvicida, antioxidante, anti-ulcerogênica e hepatoprotetora (MOREIRA *et al.*, 2010; CONSERVA *et al.*, 2012; BALDÉ *et al.*, 2015; KALA, 2015; MURTALA *et al.*, 2015).

Com todos estes trabalhos, são fortes os argumentos que ajudam a comprovar que a espécie *S. verticillata* apresenta alta capacidade de produção de metabólitos secundários e alta bioatividade (Quadro 1).

Quadro 1 - Atividades biológicas de Compostos fitoquímicos extraídos de *Spermacoce verticillata*

Atividades	partes da planta	Extração	Microorganismos/organismos testados
Antimicrobiana	Planta toda	Extrato indeterminado	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> e <i>Monilia albicans</i>
	Raízes	Metanol	Cepas multirresistentes de <i>P. Aeruginosa</i>
	Parte aérea	Óleo volátil	<i>N. gonorrhoeae</i> , <i>P. aeruginosa</i> e <i>C. albicans</i>
Esquistossomicida	Folhas	Óleo essencial	Ovos, miracídeos e cercárias de <i>Schistossoma hematobium</i>
Estimulante uterino	Raízes	Extrato aquoso	-
Toxicidade	Folhas e Raízes	Metanol	Camarão de água salgada (valores de DL50 >250µg/mL)

Fonte: adaptado de Conserva *et al.* (2012).

As substâncias alelopáticas são produtos intermediários ou finais do metabolismo secundário (PUTNAM; DUKE, 1978). Estas substâncias podem ser exsudadas por várias partes do vegetal, como caules e, na sua maioria, folhas e raízes. No solo, podem combinar-se de várias maneiras e, embora não se

conheça todas as suas funções e substâncias, as que se conhecem podem interferir fortemente no metabolismo de outros organismos (MEDEIROS, 1990).

Os produtos químicos mais comuns causando efeitos alelopáticos pertencem aos grupos dos ácidos fenólicos, cumarinas, terpenoides, flavonoides, alcaloides, glicosídeos cianogênicos, derivados do ácido benzóico, taninos e quinonas complexas (MEDEIROS, 1990).

3.2 ALELOPATIA

Diversas espécies são conhecidas por liberarem compostos alelopáticos, sejam da sua parte aérea, viva ou morta, seja pela exsudação radicular, que irão reduzir a germinação/emergência e o desenvolvimento de outras espécies. Ainda, a interferência de plantas que liberam substâncias alelopáticas pode ser potencializada, quando estas plantas também competem por recursos do meio ambiente (RIDENOUR; CALLAWAY, 2000).

Os efeitos alelopáticos são proporcionados por substâncias (aleloquímicos) que pertencem a diferentes categorias de compostos secundários. Os aleloquímicos podem ser encontrados nas folhas, caules, raízes, frutos, inflorescências, cascas e sementes, não havendo um padrão para a quantidade e distribuição nas diferentes partes (BASSO, 1999; ALVES; ARRUDA; SOUZA FILHO, 2002; WEIR; PARK, VIVANCO, 2004).

A liberação de aleloquímicos é uma importante ferramenta para que as espécies invasoras exóticas se estabeleçam de forma rápida e eficiente em um determinado ambiente (CALLAWAY; ASCHEHOUG, 2000). Nos diferentes ecossistemas, plantas utilizam a estratégia de liberar as substâncias produzidas pelo metabolismo secundário para se proteger da interferência exercida por outras plantas ao redor (INDERJIT *et al.*, 1999; SCHNEIDER; CRUZ-SILVA, 2012) caracterizando assim uma resposta ao estresse biótico. As formas de liberação dos aleloquímicos pelas plantas no ambiente são: decomposição, exsudação radicular, lixiviação e volatilização (MEDEIROS, 1990; RODRIGUES *et al.*, 1992; DURIGAN; ALMEIDA, 1993).

Dentre os compostos alelopáticos existentes, os alcaloides pirrolizidínicos (APs) são fitoquímicos de ocorrência natural em cerca de 6.000 espécies de

plantas de diversos gêneros e famílias (CULVENOR, 1980). Cerca de 20% das espécies de plantas conhecidas acumulam alcaloides, com maior frequência nas dicotiledôneas (LUCA; LAFLAMME, 2001). Essas substâncias podem ser encontradas em diferentes partes do vegetal (SOTTOMAYOR *et al.*, 2004) e em representantes de diversas famílias (LORENCE; NESSLER, 2004).

Segundo Taiz e Zeiger (2009), além dos alcaloides serem substâncias produzidas em resposta a herbívora nos vegetais, estas também podem agir a nível celular e prejudicar o transporte seletivo das membranas celulares.

3.3 METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE *Spermacoce verticillata*

Vários trabalhos descrevem os fitoquímicos presentes em *S. verticillata*, sendo atualmente mais de 60 compostos, distribuídos em diferentes classes, no qual foram isolados compostos como: alcaloides, iridoides, flavonoides e terpenoides, além de antraquinonas, saponinas, compostos fenólicos, taninos, glicosídeos, esteróis e carboidratos (CONSERVA *et al.*, 2012; ABDULLAHIGERO *et al.*, 2014; MURTALA *et al.*, 2015).

No óleo essencial extraído das folhas da *S. verticillata* foram encontrados compostos terpenoides do tipo mono, di e sesquiterpenoides: cariofileno, guaiaeno, campesterol, beta-sitosterol, estigmasterol, fitol, cimeno, germacreno, pineno, copaeno e uma infinidade de outros compostos (OGUNWANDE *et al.*, 2010; CONSERVA *et al.*, 2012).

Ferreira-Junior e colaboradores (2012), isolaram pela primeira vez, compostos das partes aéreas e raízes de *S. verticillata* através de extração com solventes orgânicos. Isolando terpenos (ácido morólico, ácido ursólico, ácido oleanólico), um flavonoide (3-O-a-L-ramnopiranosil-quercetina), fitoesteróis (sitostenona e estigmastenona) e a primeira antraquinona (2-hidroxi-3-metilantraquinona) isolada desta espécie, útil para a caracterização da quimiotaxonomia da tribo *Spermacoceae*. Misturas de ácidos alifáticos, triacilgliceróis, sacarose, glucose, compostos voláteis como ácidos graxos e compostos aromáticos, ácidos carboxílicos e aminoácidos, também foram encontrados na espécie *S. verticillata* (AGUIAR *et al.*, 2010; MOREIRA *et al.*, 2010; CONSERVA *et al.*, 2012; USHIE *et al.*, 2013).

Cherigo *et al.* (2012), durante a triagem fitoquímica encontraram no extrato da parte aérea de *S. verticillata*, esqualano. O esqualano é um óleo natural encontrado em fontes animais e vegetais, assim como na pele humana.

Observando a diversidade de compostos químicos que podem ser extraídos da planta *S. verticillata*, bem como a gama de efeitos a ela atribuídos, diversos trabalhos buscam comprovar alguns destes efeitos, identificando compostos que possivelmente estariam atuando, comprovando que este potencial está intimamente ligado a presença de muitos alcaloides na solução extraída (BALDÉ *et al.*, 1991).

A presença de alta concentração de alcaloides encontrada nos vegetais, pode prejudicar algumas funções, como: assimilação de nutrientes, o crescimento, a fotossíntese, a respiração, a síntese de proteínas, a permeabilidade da membrana celular e atividades enzimáticas (ALMEIDA, 1988).

O que ajuda a justificar os principais estímulos/interesse para com as realizações de pesquisas que estudem o potencial alelopático entre plantas cultivadas e invasoras, além das dificuldades de controle de algumas espécies devido a presença de resistência a diferentes mecanismos de ação é também entender o comportamento que a *S. verticillata* tem no meio para se destacar perante a outras espécies. Sendo assim é muito importante entender a competição gerada entre plantas infestantes.

Os resultados causados por essa convivência podem reduzir por exemplo, a produtividade do trigo e a qualidade final do produto. Assim, com o monitoramento da presença de *S. verticillata* em áreas com futuras plantações de trigo, pode-se avaliar o potencial alelopático entre planta daninha e cultura, possibilitando otimizar o sistema de produção de forma ambientalmente correta e econômica.

3.4 TRIGO

O trigo ocupa o primeiro lugar em volume de produção mundial, destacando-se como maiores produtores China, Estados Unidos, Índia, Canadá e Rússia. De acordo com relatório divulgado em fevereiro/2020, pelo

Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a estimativa de área colhida de trigo no mundo, para a safra 2019/2020, é de 217,2 milhões de ha, apresentando um aumento de 0,8%, se comparada à safra anterior (2018/2019). Da mesma forma que a área colhida apresenta expansão, a produção estimada também apresenta incremento na ordem de 4,5%, totalizando 764,5 milhões de toneladas. Em relação à penúltima divulgação do USDA (202/2021), houve aumento de 600 mil toneladas no total produzido.

O Brasil possui uma demanda anual que gira em torno de 10 milhões de toneladas, produzindo o equivalente a 6,6 milhões de tonelada ano⁻¹, ou seja, a metade, e, portanto, importando a quantidade restante (EMBRAPA, 2021). Entre os fatores que limitam a expressão do potencial produtivo da cultura do trigo está a competição com as plantas daninhas, as quais disputam por luz, nutrientes e água com a cultura, trazendo prejuízos em volume e qualidade do trigo produzido por área.

A competição com as plantas infestantes causa grandes perdas de produtividade no trigo, gerando aumento nos custos de produção com a utilização de herbicidas, o que torna a cultura cada vez menos atraente economicamente para o produtor. Além da competição com plantas infestantes, as plantas de trigo são sensíveis a uma ampla variedade de substâncias bioativas (NEPOMUCENO, 2011). Mostrando que substâncias alelopáticas presentes no ambiente, podem causar o mal desenvolvimento da cultura.

Lamego *et al.* (2013) utilizaram a variedade BRS 296 para mostrar a competitividade da cultura do trigo quando em convívio com plantas daninhas, sem a utilização de controle químico e observaram uma redução de produtividade de 24,58% quando não se faz um controle químico na cultura.

Na região Sul, as espécies de plantas daninhas resistentes nas lavouras dificultam cada vez mais o manejo, onerando muitas vezes os custos de produção, devido à necessidade de uso de herbicidas alternativos com preço superior. A convivência das plantas daninhas com a cultura do trigo é um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores, uma vez que as plantas daninhas são as principais responsáveis por elevar o custo de produção, dada a necessidade de manejá-las para, assim, eliminar ou minimizar a interferência que elas exercem (EMBRAPA, 2021).

A cultura do trigo é altamente sensível a compostos químicos presentes no solo. Durante a fase inicial da germinação, as sementes emitem coleótilos, os quais possibilitam o contato da plântula com os compostos presentes no solo. Diversos autores têm demonstrado que extratos vegetais apresentam inibição do crescimento de parte aérea de espécies cultivadas e daninhas.

Segundo Watanabe *et al.* (2014) extratos de folhas de *Onopordum acanthium* inibiram o crescimento inicial de coleótilos de trigo. O extrato de parte aérea de capim-braquiária, segundo Souza *et al.* (2006), afeta negativamente o crescimento inicial de plantas de trigo. Silva (2015) afirma que o extrato de azevém (*Lolium multiflorum*) ao ser testado em sementes e plântulas de trigo demonstram efeito alelopático sobre a referida espécie, causando também a redução de atributos do vigor de sementes de alface e de trigo.

Esses são fatores que podem ajudar uma espécie a ocupar um determinado espaço de forma rápida e imponente, o que vale ressaltar que é exatamente o que está acontecendo com a *S. verticillata* no cerrado, vem sendo cada vez mais difícil o controle físico, químico e mecânico desta espécie.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido de outubro de 2020 até outubro de 2021 no CPA - Copacol (Centro de Pesquisas Agrícola) localizado na cidade de Cafelândia no Oeste do Estado do Paraná latitude 24°37'08.0"S e longitude 53°17'51.3"W. O Relevo do Município de Cafelândia é suave, predominando as terras planas, com pouca inclinação nas baixadas. As atividades agrícolas utilizam aproximadamente 99% da área total do Município. O Solo, bastante fértil, é composto de terra roxa, cuja formação baseia-se no derramamento vulcânico de rocha de basalto, originando a classificação de Argissolo (Quadro 2).

Quadro 2 - Análise de solo da área experimental em Cafelândia/PR

Resultado de Análise de Solos			INTERPRETAÇÃO		
ELEMENTOS	mg/dm ³	Cmol _e /dm ³	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Cálcio	Ca	4.46			■■■■
Magnésio	Mg	1.53			■■■■
Potássio	K	202.80			■■■■
Alumínio	Al	0.06	■■■■		
H + Alumínio	H + Al	7.20			■■■■
Soma de bases	S	6.51			■■■■
C T C pH 7.0	T	13.71			■■■■
C T C efetiva	t	6.57			■■■■
g /dm ³					
Carbono	C	18.00			■■■■
M. Orgânica	MO	30.96			■■■■
%					
Sat. Alumínio	Al	0.91	■■■■		
Sat. Bases	V	47.48	■■■■		
Argila	Arg				
mg/dm ³					
Boro	B	0.36	■■■■		
Enxofre	S	5.85		■■■■	
Ferro	Fe	32.00		■■■■	
Manganês	Mn	72.90			■■■■
Cobre	Cu	12.50			■■■■
Zinco	Zn	6.80			■■■■
pH Água					
pH SMP					
pH CaCl ₂		4.90			

Observação:
ÁREA COMERCIAL CPA

GRANULOMETRIA %	
Areia:	
Silte:	
Argila:	
Classificação do Solo, Tipo:	

FÓSFORO	
mg/dm ³	
Fósforo	P 18.00
Fósforo Rem.	13.90
Nível Crítico de Fósforo	NCP 9.444
%	
Fósforo Relativo	PR 190.597

RELAÇÕES			
Cmol _e /dm ³			
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K/√Ca+Mg
2.92	8.58	2.94	0.21

K%	Ca%	Mg%	H%	Al%
3.79	32.53	11.16	52.08	0.44

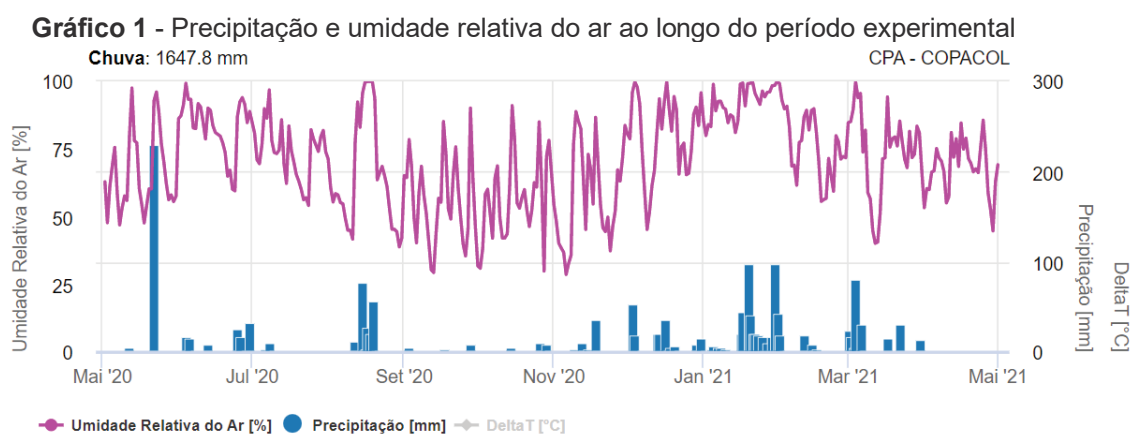
Cascavel, 06 de Abril de 2018


Decio Carlos Zocoler
Químico Responsável
CRQ 09100089 - 9ª Região

Fonte: O autor (2021).

A cidade de Cafelândia apresenta um clima que é definido como Clima sub-tropical úmido e mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com temperatura de concentração das chuvas nos meses de verão,

sem estação seca pré-definida. No gráfico 1 é possível observar os dados meteorológicos ao longo de todo o período experimental.



Fonte: O autor (2021).

4.1 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

Para o preparo do solo e semeadura foi utilizado um trator Valmet 885 4x4 com semeadora semeio de 5 linhas de semeadura com espaçamento de 60 cm. A semeadora foi utilizada somente com o intuito de preparar a área para o plantio das plantas daninhas. A área foi riscada (semeadora) com adubação nitrogenada NPK 04-14-08 na dose de 200 kg ha⁻¹ (Figura 2).

As espécies vegetais utilizadas neste ensaio foram: *Spermacoce verticillata* (BOIVE) como sendo o foco principal do estudo, seguido de *Brachiaria plantaginea* (BRAPL), *Cenchrus echinatus* (CCEC), *Ipomoea hederifolia* (IPOHF) e *Amaranthus viridis* (AMAVI) como espécies infestantes. Todas as sementes de plantas daninhas utilizadas neste experimento, foram compradas da empresa Agrococosmos®, localizada na cidade de Engenheiro Coelho – São Paulo.

Figura 2 - Preparo da área para o plantio

FONTE: O autor (2020).

O delineamento experimental utilizado foi o de bloco casualizado contando com 8 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram separados em 4 tipos de convívio da *S. verticillata* com as outras espécies vegetais, sendo eles descritos no quadro 3.

Quadro 3 - Tratamentos utilizados no experimento

Trat.	Espécies	Intenção de convívio
1	Testemunha absoluta	Composição florística natural presente na área
2	BOIVE	A espécie de interesse convivendo isoladamente
3	AMAVI e IPOHR	Espécies de dicotiledôneas convivendo entre si
4	BRAPL e CCHEC	Espécies de monocotiledôneas convivendo entre si
5	BOIVE, AMAVI e IPOHF	<i>S. verticillata</i> convivendo com as dicotiledôneas
6	BOIVE, BRAPL e CCHEC	<i>S. verticillata</i> convivendo com as monocotiledôneas
7	BRAPL, BOIVE, AMAVI, CCHEC e IPOHF	<i>S. verticillata</i> convivendo com todas as espécies
8	BRAPL, CCHEC, AMAVI e IPOHF	Todas as espécies convivendo sem a <i>S. verticillata</i>

FONTE: O autor (2020).

A semeadura das espécies foi realizada no dia 20/02/2021 com uma semeadora de hortaliças da Earthway – Precision Garden seeder respeitando um espaçamento de 30 cm entre linhas de plantio (Figura 3). Após o plantio, toda a área experimental recebeu irrigação contínua por aspersão de 40000 litros de

água semanal o que corresponde a 37,5 mm dentro de toda a área experimental, até a fase de emergência das plântulas. Após o período de emergência e estabelecimento total das espécies (quadro 4), as mesmas, foram conduzidas em condições normais de campo.

Quadro 4 - Número de plantas por metro linear

Espécies	Número médio de plantas por metro linear
<i>Spermacoce verticillata</i>	27
<i>Amaranthus viridis</i>	19
<i>Ipomoea hederifolia</i>	18
<i>Brachiaria plantaginea</i>	6
<i>Cenchrus echinatus</i>	9

FONTE: O autor (2020).

Com o término das avaliações fitométricas das espécies, foi coletado 1 (um) metro linear da *S. verticillata* que estava na fase plena de propagação vegetativa (BBCH 42) no centro de cada parcela amostral. Após a retirada da massa fresca, levou-se as amostras acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C pelo período de 72 horas, após as quais foi obtida a biomassa seca dessas parcelas amostrais. Após o período de secagem das plantas de *S. verticillata*, a matéria seca foi fragmentada em três níveis: pulverização em moinho de facas utilizando tamis com malha de 20 mesh e cortada em fragmentos com 1 centímetro. Após esse processo, as amostras foram enviadas a Universidade Federal do Paraná campus de Palotina para realização das análises de compostos fenólicos e flavonoides.

Após as coletas da *S. verticillata* foi feita a retirada das plantas daninhas do campo com a utilização de grade niveladora leve. Em seguida semeou a variedade de trigo TBIO Toruk® que é uma variedade com ciclo médio e um arrojado tipo de planta com estatura baixa, perfilhamento e espigamento uniformes e uma boa resistência ao acamamento. Chega a altos níveis produtivos com o uso de alta tecnologia, fertilidade e manejo, na densidade de semeadura de 137.445 Kg de sementes por ha, respeitando uma média de 65 sementes por metro linear e 340 plantas finais por m². A semeadora utilizada foi

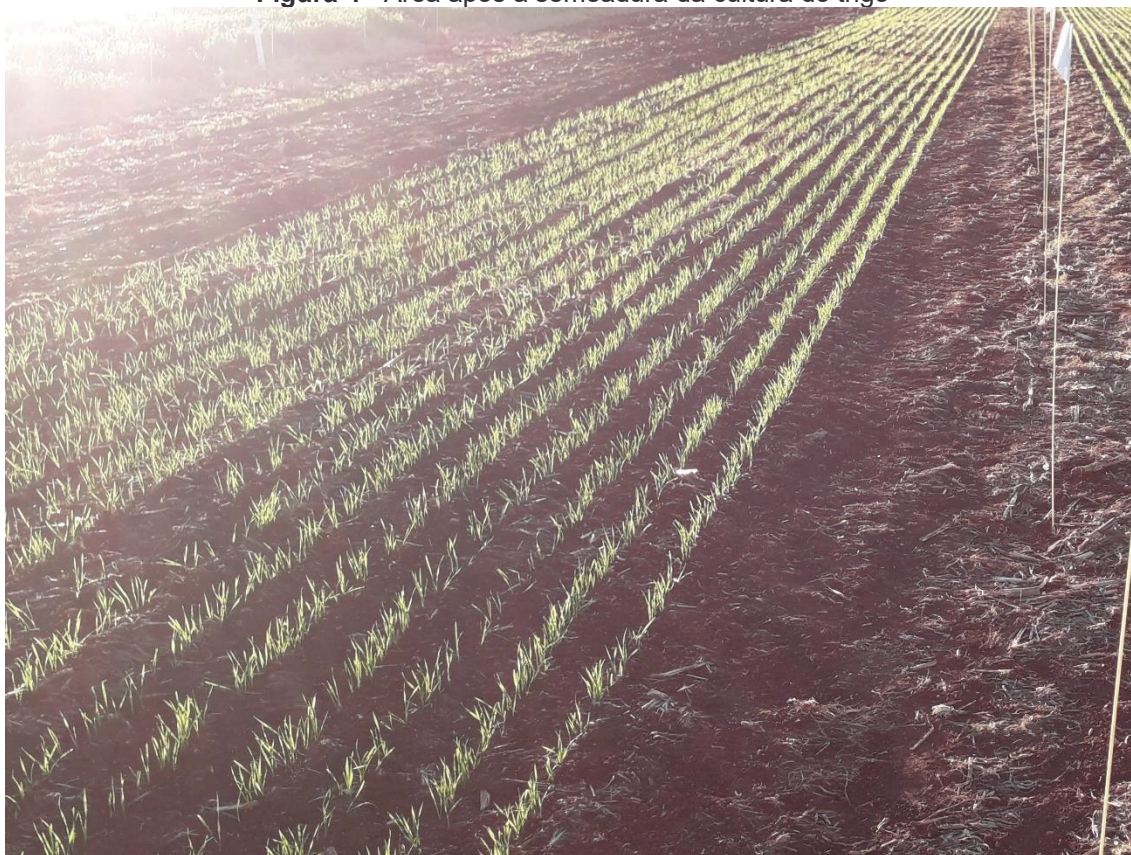
a semeadora semeio de 18 linhas de semeadura com espaçamento de 15 cm (Figura 4). O Adubo utilizado foi o granulado NPK 20-15-15 na dose de 250 Kg/ha da Timac Agro® e o manejo fitossanitário do experimento foi com base nos produtos da Syngenta®. Adotou-se um manejo comum da região oeste do Paraná, com duas aplicações de fungicidas sendo elas uma de Tilt® (0,75 L/ha) e uma segunda aplicação com Tilt® (0,5 L/ha) e duas de herbicidas, com uma aplicação de Zapp Qi 620® (2,8 L/ha) antes do plantio e outra de Topik 240 EC® (0,25 L/ha) antes do fechamento da entrelinha. Todos os produtos que necessitavam de óleo para a aplicação, foi utilizado o Ochima® (0,5% V/V).

Figura 3 - Área após a semeadura das plantas daninhas



FONTE: O autor (2020).

Figura 4 - Área após a semeadura da cultura do trigo



FONTE: O autor (2020).

4.2 AVALIAÇÕES FITOMÉTRICAS DAS PLANTAS DANINHAS

As avaliações foram realizadas depois que todas as espécies já haviam atingido o pleno desenvolvimento vegetativo, sendo ele denominado pelo Growth stages of mono-and dicotyledonous plants (STAUSS, 1994) - Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (2001). As avaliações foram realizadas nos dias 20/03/2021 que corresponde a 30 dias após a emergência (DAE), 20/04/2021 (60 DAE) e 15/05/2021 (90 DAE) ao longo de toda fase vegetativa das espécies, que se estende do estágio 21 ao 49 (BBCH). Os dados foram todos coletados a partir das mesmas 10 plantas selecionadas aleatoriamente dentro da parcela experimental.

4.2.1 Altura de planta

Com o auxílio de uma régua graduada de 100 cm, foi determinada a altura das plantas, sempre respeitando o nível do solo como sendo o marco 0 cm (Figura 5). Nas plantas monocotiledôneas, as medições foram feitas a partir da retirada da planta rente ao solo, deixando a mesma ereta assim como estavam as dicotiledôneas.

Figura 5 - Medição da altura da planta *S. verticillata*



FONTE: O autor (2021).

4.2.2 Número de folhas/perfilhos

Para as avaliações de número de folhas e perfilhos, foram avaliadas as mesmas 10 plantas utilizadas na medição de altura, sempre considerando número de folhas para as dicotiledôneas e o número de perfilhos para as monocotiledôneas.

4.2.3. Número de plantas por metros lineares

Com o auxílio de uma régua graduada de 100 cm, foram feitas as contagens de plantas por metro linear (Figura 6). O ponto de início da contagem, era sempre o mesmo, a fim de controlar os diferentes fluxos de germinação que poderiam ocorrer dentro de cada parcela experimental.

Figura 6 - Contagem de número de plantas



FONTE: O autor (2021).

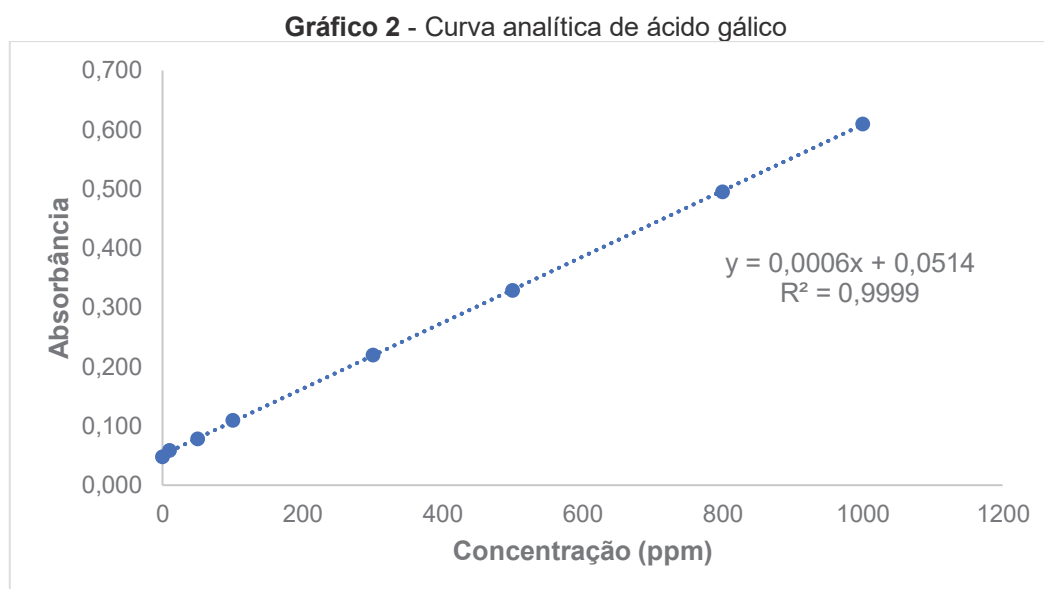
4.3 AVALIAÇÕES DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE *Spermacoce verticillata*

4.3.1 Conteúdo de compostos fenólicos

Foi utilizada a metodologia proposta por Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventós (1999), com adaptações. As soluções amostra, branco e padrão da curva analítica foram preparados da seguinte forma: 0,1 mL de amostra ou

padrão (ácido gálico em diferentes concentrações); 2,4 mL de água destilada; 1,0 mL de carbonato de sódio 5% (m/v) e 0,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu.

As amostras, brancos e padrão foram deixados em repouso por 60 minutos ao abrigo da luz e então lidos em espectrofotômetro no comprimento de onda de 720 nm. O branco foi usado para desconsiderar possíveis absorbâncias dos solventes e reagentes utilizados. A concentração de fenóis nas amostras foi determinada através da comparação com a curva padrão de ácido gálico. Todos os pontos da curva padrão, as amostras e os brancos foram preparados em triplicata e os resultados foram expressos em μg equivalentes de ácido gálico por g de extrato seco (μg EAG/g) (Gráfico 2).

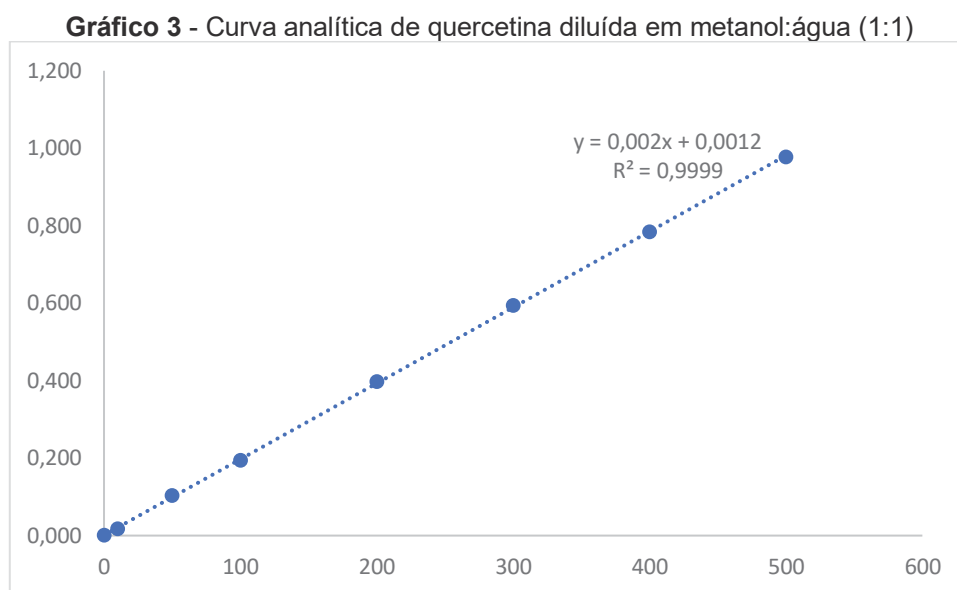


FONTE: O autor (2022).

4.3.2 Conteúdo total de flavonoides

O conteúdo total de flavonoides foi adaptado da metodologia proposta por CHANG *et al.* (2002). Foram usados 100 μL de solução amostra, 900 μL de diluente metanol:água destilada (11:9) e 2 mL de cloreto de alumínio heptahidratado ($\text{AlCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) a 5% (m/v). As amostras foram mantidas por 60 minutos em repouso protegidas da luz e sua absorbância foi medida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 425 nm. A concentração de flavonoides das amostras foi calculada através da comparação com curva

analítica de quercetina diluída em metanol:água (1:1) para que a proporção de metanol na solução final fosse mantida (Gráfico 3).



FONTE: O autor (2022).

4.4 AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DO TRIGO CULTIVADO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS APÓS O CONVÍVIO DA *S. verticillata* COM AS PLANTAS DANINHAS

No fim do período experimental, foi feita a colheita manual do trigo de todas as parcelas experimentais e trilhado em trilhadora fortmax 250 para fins de produtividade. Com a produtividade de cada parcela experimental a umidade foi ajustada para 13% e transformada para Kg/ha.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados provenientes das avaliações foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando-se o software SASM-Agri (CANTERI *et al.*, 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÕES FITOMÉTRICAS

5.1.1 Altura de plantas (cm)

A altura em centímetros da *S. verticillata* é um fator muito importante para determinar indícios de interferência que possa existir no meio, sendo ela de caráter ambiental ou na presença de compostos aleloquímicos.

Segundo Pereira *et al.* (2011), a intensidade do efeito dos aleloquímicos depende de sua concentração no meio. Sendo assim, quanto maior for a concentração de aleloquímicos maior poderá ser a inibição do desenvolvimento das espécies que convivem com a planta detentora do composto. Observa-se na tabela 1 que somente quando a *S. verticillata* esteve em convívio com todas as espécies juntas no tratamento BOIVE + dico/mono (7), nas épocas de avaliações 2 e 3, que ocorreu uma redução significativa em sua altura quando comparado com os outros tratamentos. Sendo assim, a *S. verticillata* não sofreu interferência quando em convívio com as espécies separadamente.

Tabela 1 - Altura (cm) da espécie *S. verticillata*, comparando tratamentos e diferentes épocas de avaliação em convivência com as espécies AMAVI, IPOHF, BRAPL e CCHEC.

Tratamentos	Avaliações/Média Altura (cm)		
	30DAE*	60 DAE*	90DAE*
2 – BOIVE	15,90 a	23,17 a	31,42 a
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	15,48 a	23,92 a	31,77 a
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	14,40 a	21,92 a	22,85 b
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	12,75 b	19,35 b	23,02 b

*Primeira, segunda e terceira avaliação em dias após a emergência (DAE). C.V(%): 7,86. Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Com relação à altura (Tabela 2) das espécies que estavam em convívio com a *S. verticillata*, principalmente nos tratamentos BOIVE + dico (5), BOIVE + mono (6) e BOIVE + dico/mono (7), observa-se uma redução na altura, quando comparado aos tratamentos com as espécies isoladas de dico (3) e mono (4). Esses resultados, ajudam a entender a agressividade que a *S. verticillata* mostra

em ambientes onde a competição por espaço, nutriente e luz é muito grande, desfavorecendo o desenvolvimento de outras espécies no mesmo ambiente.

Os resultados mostram que a convivência da espécie AMAVI com a BOIVE foi estatisticamente igual quando comparado com o tratamento que continha Dico + Mono (8) convivendo simultaneamente nas épocas de avaliação 2 e 3. Contudo, para a IPOHF, todos os tratamentos apresentaram diferença significativa entre si, seguindo o tratamento AMAVI + IPOHF (3) como sendo o que apresentou menor competição e consequentemente maior altura de plantas, até o tratamento AMAVI + IPOHF + BRAPL + CCHEC (8) onde todas as espécies menos a BOIVE estavam convivendo entre si (Figura 7). Esse comportamento que diverge dependendo das espécies que está convivendo com a BOIVE, pode ser justificado pela presença de alelopáticos liberados por ela.

Silveira (2010) afirma que muitas vezes o efeito alelopático não se manifesta sobre a porcentagem de germinação, mas sobre o índice de velocidade de germinação das sementes. Esse fator pode ter um significado ecológico, pois plantas que germinam mais lentamente podem apresentar tamanho reduzido e em consequência, podem ser mais suscetíveis a estresses e terem menor chance na competição por recursos e consequentemente um resguardo no desenvolvimento.

Tabela 2 - Altura (cm) das espécies *Amaranthus viridis* e *Ipomoea hederifolia*, comparando entre os diferentes tratamentos com e sem a presença de *Spermacoce verticillata* e diferentes épocas de avaliação

Tratamentos/avaliações	Altura (cm)					
	AMAVI		IPOHF			
	30DAE*	60DAE*	90DAE*	30DAE*	60DAE*	90DAE*
2 – BOIVE	-	-	-	-	-	-
3 - AMAVI e IPOHR	29,75 a	45,42 a	65,87 a	24,82 a	40,25 a	57,12 a
4 - BRAPL e CCHEC	-	-	-	-	-	-
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	28,35 b	40,9 b	58,52 b	28,05 b	38,02 b	53,72 b
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	-	-	-	-	-	-
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	25,35 d	39,47 b	53,12 c	22,60 d	32,22 c	45,67 c
8- BRAPL, CCHEC, AMAVI e IPOHF	27,37 c	40,45 b	57,4 b	24,07 c	31,87 d	41,77 d
C.V. (%)	1,91	1,99	2,12	3,23	2,33	4,25

*Primeira, segunda e terceira avaliação em dias após a emergência (DAE).

Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 3 - Altura (cm) das espécies *Brachiaria plantaginea* e *Cenchrus echinatus*, comparando entre os diferentes tratamentos com e sem a presença de *Spermacoce verticillata* e diferentes épocas de avaliação

Tratamentos/avaliações	Altura (cm)					
	30DAE*	BRAPL 60DAE*	90DAE*	30DAE*	60DAE*	90DAE*
2 – BOIVE	-	-	-	-	-	-
3 - AMAVI e IPOHR	-	-	-	-	-	-
4 - BRAPL e CCHEC	16,52 a	26,37 a	35,85 a	31,8 a	39,8 a	48,4 a
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	-	-	-	-	-	-
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	15,60 a	24,12 b	29,45 b	30,25 b	37,02 b	46,55 b
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	13,65 b	17,87 c	23,65 d	28,57 c	34,82 c	39,8 c
8- BRAPL, CCHEC, AMAVI e IPOHF	13,26 b	17,45 c	26,9 c	27,02 d	30,27 d	35,95 c
C.V. (%)	4,33	5,67	2,34	8,65	5,64	6,67

*Primeira, segunda e terceira avaliação em dias após a emergência (DAE).

Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Figura 7 – BOIVE em convívio com as dicotiledôneas



FONTE: O autor (2021).

Figura 8 – BOIVE em convívio com as monocotiledôneas



FONTE: O autor (2021).

5.1.2 Número de folhas e perfilhos

Pode-se observar pela tabela 4 que não teve redução significativa estatisticamente do número de folhas de *S. verticillata* nas três épocas de avaliação. Contudo, em todas as avaliações no tratamento com o convívio de todas as espécies, percebe-se uma redução significativa quando compara-se com os outros tratamentos. Vale ressaltar a importância da *Ipomoea hederifolia* neste cenário por se tratar de uma planta extremamente agressiva de rápido desenvolvimento, ocupando áreas e sobrepondo outras espécies o que pode ser observado na figura 6.

A competição por espaço pode ter sido um dos fatores que justificam o número de folhas menor nos tratamentos onde predominavam todas as espécies. Costa *et al.* (1998) relataram uma redução expressiva de número de folhas de Eucalipto por supressão e competição por espaço com uma espécie do gênero *Spermacoce*. Uma planta de vassourinha de botão por m² foi capaz de reduzir 29% a produtividade mostrando o quanto essa planta daninha é uma forte competidora com as culturas agrícolas. Duas e quatro plantas de vassourinha-de-botão por m² tiveram a capacidade de reduzir a produtividade em 44 e 54%, respectivamente. A densidade máxima de 8 plantas de vassourinha-de-botão por m² diminui mais de 70% a produção de sorgo. (CAMPOS, 2022)

Mesmo assim, a espécie *S. verticillata* mostrou ser uma espécie muito competitiva no meio, não apresentando redução foliar no convívio separado com cada espécie.

Tabela 4 - Número de folhas da espécie *S. verticillata*, comparando tratamentos e diferentes épocas de avaliação

Tratamentos	Avaliações/Número de Folhas		
	30DAE*	60 DAE*	90DAE*
2 – BOIVE	28 a	31 a	35 a
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	23 a	27 a	31 a
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	24 a	27 a	31 a
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	19 b	26 b	29 b

*Primeira, segunda e terceira avaliação em dias após a emergência (DAE). C.V(%): 5,16. Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott (p<0,05).

Na tabela 5 pode-se observar o número de folhas que as espécies *Amaranthis viridis* e *Ipomoea hederifolia* apresentaram nos diferentes tratamentos com e sem a presença da *Spermacoce verticillata*. Não houve diferença significativa entre os tratamentos AMAVI + IPOHF (3) e BOIVE + dico (5), mostrando que a convivência com a BOIVE não interferiu na emissão de folhas das espécies dicotiledôneas. Contudo, para os tratamentos BOIVE + dico/mono (7) e Dico + Mono (8) existiu diferença significativa quando comparado ao tratamento AMAVI + IPOHF (3) e BOIVE + dico (5), para a segunda e terceira época de avaliação para as espécies estudadas. Resultados diferentes dos encontrados por COSTA *et al.* (1998) que constataram diminuição no número de folhas (34%), quando plantas de eucalipto (*E. grandis*) conviveram 75 dias com plantas de erva-quente (*Spermacoce* spp.), na densidade de 4 plantas/m², em condições de inverno.

Para as gramíneas na tabela 6, observa-se um cenário diferente quando comparado com os resultados para as plantas de folhas largas. Pode-se observar que ocorreu uma diferença significativa no número de perfilhos do tratamento BRAPL + CCHEC (4) quando comparado ao tratamento BOIVE + mono (6), em todas as épocas de avaliação. Comportamento este que se manteve nos tratamentos BOIVE + dico/mono (7) e Dico + Mono (8) diferenciando-os do tratamento BRAPL + CCHEC (4) e em alguns momentos entre si nas diferentes épocas de avaliação.

Sendo assim, a presença da *S. verticillata* inibiu a emissão de novos perfilhos das espécies *Brachiaria plantaginea* e *Cenchrus echinatus* o que mostra uma característica vantajosa da BOIVE sobre as demais espécies. Costa *et al.* (1998), testou o convívio de *Spermacoce latifolia* com a cultura do eucalipto e relacionou o decréscimo no número de folhas com a diminuição no número de ramos, que conviveram 90 dias com 16 plantas/m² de erva-quente (*S. latifolia*), em condições de verão. Pitelli (1987) afirma ser maior o grau de interferência, quanto maior for o período de convivência múltipla cultura-comunidade infestante.

Tabela 5 - Número de folhas das espécies *Amaranthus viridis* e *Ipomoea hederifolia*, comparando entre os diferentes tratamentos com e sem a presença de *Spermacoce verticillata* e diferentes épocas de avaliação

Tratamentos/avaliações	Número de folhas					
	AMAVI		IPOHF			
	30DAE*	60DAE*	90DAE*	30DAE*	60DAE*	90DAE*
2 – BOIVE	-	-	-	-	-	-
3 - AMAVI e IPOHR	14 a	19 b	24 b	15 a	16 a	24 a
4 - BRAPL e CCHEC	-	-	-	-	-	-
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	14 a	19 b	23 b	13 a	15 a	26 a
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	-	-	-	-	-	-
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	12 a	21 a	26 a	14 a	19 b	22 b
8- BRAPL, CCHEC, AMAVI e IPOHF	13 a	21 a	27 a	15 a	18 b	21 b
C.V. (%)	5,18	6,23	4,34	8,17	9,05	5,67

*Primeira, segunda e terceira avaliação em dias após a emergência (DAE).

Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 6 - Número de perfilhos das plantas de *Brachiaria plantaginea* e *Cenchrus echinatus*, comparando entre os diferentes tratamentos com e sem a presença de *Spermacoce verticillata* e diferentes épocas de avaliação

Tratamentos/avaliações	Número de perfilhos							
	BRAPL				CCHEC			
	30DAE*	60DAE*	90DAE*	30DAE*	60DAE*	90DAE*	30DAE*	90DAE*
2 – BOIVE	-	-	-	-	-	-	-	-
3 - AMAVI e IPOHR	-	-	-	-	-	-	-	-
4 - BRAPL e CCHEC	6 a	8 a	10 a	9 a	11 a	13 a		
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	-	-	-	-	-	-	-	-
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	4 b	6 b	8 b	6 b	9 b	10 b		
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	3 c	5 b	8 b	6 b	7 c	9 c		
8- BRAPL, CCHEC, AMAVI e IPOHF	4 b	5 b	8 b	7 b	9 b	11 b		
C.V. (%)	11,2	10,5	9,6	5,67	8,34	9,12		

*Primeira, segunda e terceira avaliação em dias após a emergência (DAE).

Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

5.1.3 Número de plantas

Na tabela 7 observa-se a análise de número de plantas por metro linear. É possível observar que a espécie *S. verticillata* apresentou um número de plantas estatisticamente igual quando em convívio com as espécies de folhas largas AMAVI e IPOHF (5). Contudo, houve uma diferença significativa quando comparado as parcelas que predominam a BOIVE individual e ou em convívio com as espécies de folhas largas.

Com estes resultados, percebe-se que a espécie *S. verticillata* tem uma menor resposta a número de plantas quando está em convívio com as gramíneas quando comparado as folhas largas. Entre os parâmetros iniciais de crescimento e desenvolvimento das plantas, a germinação tem se mostrado ser o menos sensível a presença de quaisquer substâncias alelopáticas (FORMAGIO *et al.*, 2010). Por outro lado, a emissão de radícula é uma parte das plantas que apresenta maior sensibilidade aos aleloquímicos (REIGOSA *et al.*, 2013), o que pode justificar os resultados encontrados neste trabalho e percebendo a dificuldade que a *S. verticillata* tem em convívio com as gramíneas quando comparado as folhas largas. Oliveira *et al.*, (2015) observaram efeito quando testando extratos de *Brachiaria plantaginea* em sementes de alface, e encontraram efeito sobre germinação e uma diminuição do sistema radicular e consequentemente formação de plântulas, causando uma redução no número de plantas.

Tabela 7 - Número de plantas *S. verticillata*, comparando tratamentos e diferentes épocas de avaliação

Tratamentos	Avaliações/Número de Plantas por metro linear		
	30DAE*	60 DAE*	90DAE*
2 – BOIVE	24,5 a	26 a	26,75 a
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	23,5 a	25,5 a	25,75 a
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	20 b	24 b	24,5 a
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	21 b	22,75 b	23,5 a

*Primeira, segunda e terceira avaliação em dias após a emergência (DAE). C.V(%): 3,45. Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Nas tabelas 8 e 9 observa-se um comportamento já presenciado nos resultados anteriores, onde a interação da *S. verticillata* com as espécies de folhas largas e gramíneas apresentando resultados distintos quando observamos as espécies separadamente. Observando os tratamentos AMAVI + IPOHF (3) e BRAPL + CCHEC (4) respectivamente, observa-se uma diferença estatística significativa quando comparado com os tratamentos onde as espécies supracitadas estão em convívio com a *Spermacoce*. Essa diferença em número de plantas, não foi significativa para as plantas IPOHF e BRAPL nos mesmos tratamentos.

A *S. verticillata* é uma das espécies de plantas daninhas mais frequentes na Amazônia com alta capacidade de interferir negativamente em diversas culturas e espécies ao competir por nutrientes (FONTES; TONATO, 2016). Segundo Vargas (2018), a espécie *S. verticillata* pode sofrer com a germinação/desenvolvimento em ambientes de convívio com a *Brachiaria ruzizienses*. Contudo os resultados encontrados neste trabalho, de convivência da BOIVE com a BRAPL não interferiu no número de plantas para ambas as espécies, sendo estatisticamente não significativo.

Tabela 8 - Número de plantas das espécies *Amaranthus viridis* e *Ipomoea hederifolia*, comparando entre os diferentes tratamentos com e sem a presença de *Spermacoce verticillata* e diferentes épocas de avaliação

Tratamentos/avaliações	Número de plantas					
	30DAE*		60DAE*		IPOHF	
	30DAE*	60DAE*	90DAE*	30DAE*	60DAE*	90DAE*
2 – BOIVE	-	-	-	-	-	-
3 - AMAVI e IPOHR	35,75 a	38,50 a	40 a	10,5 a	12,25 a	12,75 a
4 - BRAPL e CCHEC	-	-	-	-	-	-
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	32,50 b	35,25 b	36,5 b	10 a	10,75 a	11,5 a
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	-	-	-	-	-	-
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	28,75 c	30,50 c	32,5 c	9 a	10 a	11 a
8- BRAPL, CCHEC, AMAVI e IPOHF	30,50 c	32,75 c	33,75 c	10,75 a	12 a	12,5 a
C.V. (%)	5,68	5,78	7,51	8,13	4,32	7,25

*Primeira, segunda e terceira avaliação em dias após a emergência (DAE).

Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 9 - Número de plantas das espécies de *Brachiaria plantaginea* e *Cenchrus echinatus*, comparando entre os diferentes tratamentos com e sem a presença de *Spermacoce verticillata* e diferentes épocas de avaliação

Tratamentos/avaliações	Número de plantas					
	BRAPL			CCHEC		
	30DAE*	60DAE*	90DAE*	30DAE*	60DAE*	90DAE*
2 – BOIVE	-	-	-	-	-	-
3 - AMAVI e IPOHR	-	-	-	-	-	-
4 - BRAPL e CCHEC	3 a	3,5 a	3,5 a	23,5 a	24 a	24 a
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	-	-	-	-	-	-
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	2,5 a	3 a	3 a	19,75 b	20,75 b	20,75 b
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	1,5 b	2 a	2 a	15 c	16,25 c	16,25 c
8- BRAPL, CCHEC, AMAVI e IPOHF	3 a	3,25 a	3,25 a	19,5 b	20,25 b	20,25 b
C.V. (%)	8,15	7,9	5,3	7,15	6,9	8,3

*Primeira, segunda e terceira avaliação em dias após a emergência (DAE).

Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$)

5.1.4 BBCH – Chaves de Identificação do Estágio de Crescimento para Plantas Mono e Dicotiledôneas

Na tabela 10 as análises de fase de crescimento (BBCH) das plantas de *S. verticillata* mostram uma diferença significativa quando comparado os tratamentos BOIVE (2) com o BOIVE + mono (6) e os tratamentos BOIVE + dico/mono (7) com o Dico + Mono (8). Essa diferença se dá pelo fator da convivência ser mais acentuada com as espécies de folhas estreitas e na parcela experimental que todas as espécies estavam convivendo em conjunto. Sendo assim a competição por espaço e nutrientes dentro do mesmo ambiente é muito maior com espécies monocotiledôneas.

A interferência das plantas daninhas em outras espécies, pode ocorrer principalmente devido à competição por água, luz, nutrientes e, também, pelo efeito alelopático, causando redução qualitativa e quantitativa no seu desenvolvimento (MEROTTO JR. *et al.*, 1997). A interferência pode ser interespecífica proporcionada pelo aumento da população de plantas da cultura somente quando as plantas cultivadas estiverem em estádios avançados de desenvolvimento (MEROTTO JR. *et al.*, 1997) e intraespecífica entre espécies diferentes, mas competindo pelo mesmo meio.

Tabela 10 - Chaves de identificação do estágio de crescimento para plantas mono e dicotiledôneas

Tratamentos	BBCH
2 - <i>S. verticillata</i>	61 c – 10% das flores abertas
6 - <i>S. verticillata</i> +folhas largas	65 c – 50% das flores abertas
7 - <i>S. verticillata</i> +gramíneas	83 b – início da frutificação
8 - Todas as espécies	95 a – 50% das flores caídas
C.V (%)	5,29

Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

5.2 AVALIAÇÕES DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE *Spermacoce verticillata*

Foi separado a biomassa de *S. verticillata* dos diferentes tratamentos para as análises químicas de metabólitos secundários com o intuito de comprovar se a espécie detém da habilidade de acumular mais moléculas frente aos diferentes

convívios, e consequentemente inferir se a liberação destas pode promover maior para ganho competitivo na adaptação em ambientes agrícolas.

Nos resultados de compostos fenólicos e flavonoides, apresentados na tabela 11, não houve diferença estatística no teor dos metabólitos avaliados para as circunstâncias ambientais e de convivência com outras espécies da qual foi-se exposta o experimento, não justificando estatisticamente que existe diferença nas concentrações destes compostos, nos diferentes tratamentos com ou sem a presença da *S. verticillata*. Reigosa *et al.* (1999) afirmam que podem ser comuns resultados oscilatórios nestes tipos de ensaio e indicam que este comportamento apresentado na tabela 11, pode ser devido ao modo com que espécie libera os compostos alelopáticos de cada planta.

Tabela 11 - Compostos fenólicos e flavonoides de *Spermacoce verticillata*

Tratamentos	Fenólicos (μg EAG/g)*	Flavonoides (μg quercetina/g)*
2 - <i>S. verticillata</i>	505,30	332,65
6 - <i>S. verticillata</i> +folhas largas	473,22	316,39
7 - <i>S. verticillata</i> +gramíneas	506,69	328,81
8 - Todas as espécies	540,30	339,23
C.V (%)	6,86	6,92

* Não houve diferença estatística entre os tratamentos

Estudos de Lima e colaboradores (2014), permitiram além do estudo fitoquímico do extrato aquoso das folhas de *S. verticillata* a separação de frações a partir de partições com solventes orgânicos e a identificação de um flavonoide e um ácido fenólico extraídos a partir deste extrato, conhecidos como rutina e ácido clorogênico, respectivamente. Extratos de *S. verticillata* vem mostrando efetividade ao longo dos anos, em uma gama de atividades bioquímicas, confirmadas pela presença de uma infinidade de compostos como alcaloides, iridoides, flavonoides e terpenoides. Contudo, ainda pouco estudado como inibidor de desenvolvimento em conjunto com outras espécies.

Os compostos aleloquímicos presentes em uma planta variam em quantidade dependendo de aspectos como idade e estágio de desenvolvimento da planta (BOURGAUD *et al.*, 2001), sendo que a constância de concentrações de metabólitos secundários é praticamente uma exceção, variando ao longo da vida da planta (GOBBO-NETO; LOPES, 2007), o que pode justificar a menor atividade apresentada ao longo dos períodos de desenvolvimento.

Neste ensaio foram feitos somente dois tipos de análises de metabólitos secundários, sendo eles os compostos fenólicos e flavonoides. Foram escolhidos estes compostos por serem normalmente encontrados em grande concentração nas espécies que expressam potencial de liberação de metabólitos secundários.

5.3 PRODUTIVIDADE DO TRIGO CULTIVADO NA ÁREA DE CONVÍVIO DAS PLANTAS DANINHAS

Na tabela 12 tem-se a produtividade (Kg.ha^{-1}) do trigo (Figura 9) de cada tratamento experimental, e é possível observar que a menor produtividade está no tratamento onde existia somente a *S. verticillata*, que difere significativamente dos tratamentos onde não existia a espécie *S. verticillata*.

Todos os tratamentos com exceção do tratamento BRAPL + CCHEC (4), apresentaram uma produtividade menor do que a do tratamento padrão de infestação natural (1) onde não ocorreu o semeio de plantas daninhas, deixando nascer somente as plantas de germinação natural. No tratamento 1 predominou 3 espécies, sendo elas: *Commelina benghalensis*, *Digitaria horizontalis* e *Bidens pilosa*. Para avaliar a possível presença de compostos alelopáticos deixados no solo pela presença da planta *Spermacoce verticillata*, adotou-se a cultura do trigo, que é altamente sensível a uma ampla variedade de substâncias bioativas (HOAGLAND, 1950; NEPOMUCENO, 2011).

Essa sensibilidade foi detectada por Souza *et al.* (2006) utilizando extrato da parte aérea de capim-braquiária, o qual afetou negativamente o crescimento inicial de plantas de trigo. A redução da área foliar representa menor área de captação de energia radiante e, segundo Abu-Romman *et al.* (2010) e Carillo *et al.* (2010), os aleloquímicos podem alterar os teores de clorofila e afetar negativamente a fotossíntese, causando redução de produtividade.

Uma das principais dificuldades encontradas na condução de pesquisas com exsudatos radiculares baseia-se no fato de que os compostos químicos de interesse estão geralmente presentes em concentrações extremamente baixas (EINHELLIG, 1986). Arantes *et al.* (2005) verificaram antraquinonas (substâncias fenólicas) do tipo isocurcumenol em tubérculos de tiririca e também uma série

de compostos do metabolismo secundário (alcaloide, taninos, terpenos, flavonoides, antraquinonas e cumarinas) com grande potência de inibir o desenvolvimento de culturas agrícolas dependendo de sua concentração no meio.

Segundo Silva (2015) o exsudato radicular de *L. multiflorum* apresentou efeito alelopático após o semeio de trigo, afetando o desenvolvimento inicial das plântulas. Um aleloquímico, geralmente, não é liberado pela planta no meio ambiente como um composto isolado, e a quantidade de aleloquímicos liberada é variável e dependente de fatores externos e fatores intrínsecos à espécie (CHENG; CHENG, 2015).

Quando comparamos o tratamento 1 com a infestação natural da área com o tratamento 4 onde havia a BOIVE em convivência com as gramíneas, observamos um aumento de produtividade significativo no tratamento 4. Segundo Braz (2006) entre as plantas de cobertura testadas, braquiarião (*Brachiaria brizantha*) e mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) se mostraram as mais promissoras em reduzir de forma significativa a emergência de plantas daninhas em cultivos subsequentes e no incremento de produtividade na cultura do trigo.

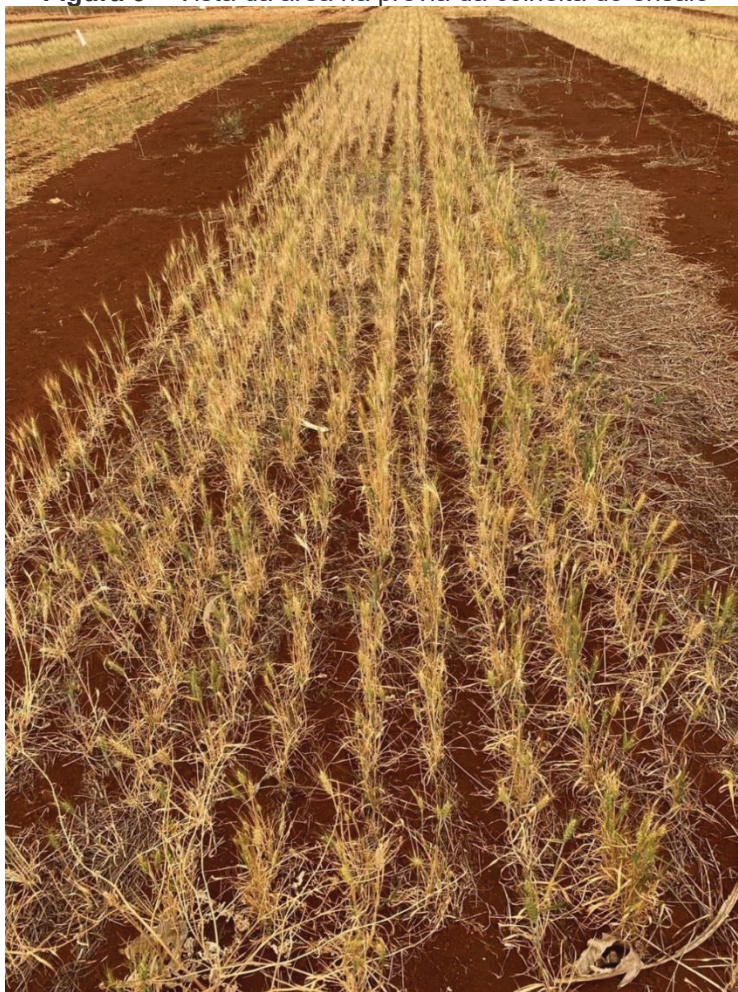
Tabela 12 - Produtividade em Kg/ha da cultura do trigo

Tratamentos	Média (Kg/ha)
1- Testemunha absoluta	1941,67 b
2 – BOIVE	1475,00 d
3 - AMAVI e IPOHR	1865,00 c
4 - BRAPL e CCHEC	2058,34 a
5 - BOIVE+AMAVI+IPOHF	1906,67 c
6 - BOIVE+BRAPL+CCHEC	1833,33 c
7 - BOIVE+ AMAVI+IPOHF+BRAPL+CCHEC	1791,67 c
8- BRAPL, CCHEC, AMAVI e IPOHF	1831,67 c
C.V. (%)	2,31

LEGENDA: produtividade em Kg/ha e umidade ajustada para 13%.

Letras diferentes representam agrupamento entre as médias, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Figura 9 – Vista da área na prévia da colheita do ensaio



FONTE: O autor (2021).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O convívio de *S. verticillata* afetou principalmente altura de plantas e número de folhas e perfilhos de outras plantas daninhas, causando redução no crescimento vegetativo destas. Contudo, não foi possível quantificar e ou endereçar a ocorrências das diminuições destas características, sendo elas por fatores químicos, físicos e biológico.

Os resultados obtidos a partir de análises bioquímicas de compostos fenólicos e flavonoides não foram responsivos a justificar que a espécie *S. verticillata* apresenta ou não aumento na presença destes quando em convívio com outras espécies e inferir que estes possam estar sendo liberados em maior ou menor quantidade no meio. No entanto, as condições experimentais na qual a *S. verticillata* estava presente refletiu em menor produtividade no trigo.

Vale ressaltar a “habilidade” que a espécie tem para se desenvolver em ambientes hostis de alta competição, o que justifica sua importância agrícola indiscutível no cerrado e região do MAPITOBA. Assim, como serve de alerta para medidas preventivas, no tocante a sua dispersão para outras regiões.

7 CONCLUSÃO

Existe uma interferência das espécies *Brachiaria plantaginea*, *Cenchrus echinatus*, *Amaranthus viridis* e *Ipomoea hederifolia* quando em convívio com a *S. verticillata* que prejudica/inibe o desenvolvimento natural, causando redução de algumas características quantitativas como altura de plantas, número de folhas ou perfilhos e número de plantas por metro linear.

Houve redução da produtividade do trigo em todos os ambientes em que *S. verticillata* foi cultivada podendo indicar possível ação alelopática da espécie.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAHI-GERO, H. S.; AHMED, A.; HUSSAINI, I. M. Preliminary evaluation of ethanol leaf extract of *Spermacoce verticillata* Linn (Rubiaceae) for analgesic and anti-inflammatory effects. **Journal of Medicinal Plants Research**, Nigeria, v. 8, n. 20, p. 736-747, 2014.
- ABU-ROMMAN, S.; SHATNAWI, M.; SHIBLI, R. Allelopathic Effects of spurge (*Euphorbia hierosolymitana*) on wheat (*Triticum durum*). **American Eurasia Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 7, n. 3, p. 98-302, 2010.
- AGOSTINETTO, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta daninha**, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.
- AGUIAR, L. S. et al. Estudo fármaco botânico das folhas de *Spermacoce verticillata* (L.) G. Mey. (Rubiaceae). **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 12, n. 2, p. 84-90, 2010.
- ALMEIDA, F. S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988.
- ALVES, S. M.; ARRUDA, M. S. P.; SOUZA-FILHO, A. P. S. Biossíntese e distribuição de substâncias alelopáticas. In: SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. p. 79-109.
- ARANTES, M. C. B. et al. Estudo farmacognóstico do *Cyperus rotundus* L. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 2, n. 2, p. 17-20, 2005.
- AREVALO, R. A.; CERRIZUELA, E. A.; OLEA, I. L. Período crítico de competência de comunidades naturais de malezas em caña de azúcar. **Revista Agronômica del Noroeste Argentino**, v. 14, n. 1-4, p. 83-89, 1977.
- AZZI, G. M. Competição entre ervas daninhas e a cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, v. 76, n. 4, p. 30-32, 1970.
- BALDÉ, A. M. et al. Chemotherapeutical evaluation of *Spermacoce verticillata* extracts. **Journal of Plant Sciences**, v. 3, n. 1-2, p. 28-31, 2015.
- BASSO, S. M. S. **Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia* DC. e *loutus* L.** 1999. 268p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- BLANCO, H. G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle das plantas daninhas. **O Biológico**, v. 38, n. 10, p. 343-50, 1972.

BLANCO, H. G. Ecologia das plantas: competição de plantas daninhas em culturas brasileiras. *In*: MARCONDES, D. A. S. **Controle integrado de plantas daninhas**. São Paulo: CREA, 1982. p. 42-75.

BLEASDALE, J. K. Studies on plant competition. *In*: HARPER, J. L. (Ed.). **The biology of weeds**. Oxford: Blackweek Scientific, 1960. p. 133-142.

BRAZ, A. J. B. P. *et al.* Emergência de plantas daninhas em lavouras de feijão e de trigo após o cultivo de espécies de cobertura de solo. **Planta daninha**, v. 24, n. 4, p. 621-628, 2006.

BOURGAUD, F. *et al.* Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. **Plant Science**, v. 161, n. 5, p. 839-851, 2001.

CALLAWAY, R. M.; ASCHEHOUG, E. T. Invasive plants versus their new an old neighbors: a mechanism for exotic invasion. **Science**, v. 290, p. 621-523, 2000.

CANTERI, M. G. *et al.* SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícola pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.

CAMPOS, D. *et al.* MATOCOMPETIÇÃO E CONTROLE QUÍMICO DA VASSOURINHA-DE-BOTÃO (*Spermacoce* sp.) NA CULTURA DO SORGO. 2022.

CARILLO, P. *et al.* Effects of the allelochemicals Dihydrodiconiferyl Alcohol and Lariciresinol on metabolism of *Lactuca sativa*. **The Open Bioactive Compounds Journal**, v. 3, n. 1, p. 18-24, 2010.

CARVALHO, L. B. **Estudos ecológicos de plantas daninhas em agroecossistemas**. Jaboticabal: Edição do autor, 2011.

CARVALHO, F.T. e VELINI, E.D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da soja: I - cultivar iac-11. **Planta Daninha** [online]. 2001, v. 19, n. 3 [Acessado 21 Maio 2022], pp. 317-322. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582001000300002>>. Epub 06 Out 2009. ISSN 1806-9681. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582001000300002>.

CHANG, C. C. *et al.* Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 10, n. 3, p. 178-182, 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**, v. 6, 2015.

CHERIGO, L. *et al.* Evaluation of phytotoxic, cytotoxic and antiparasitic *in vitro* activities of *Spermacoce verticillata*, a weed of Panamanian coffee crops. **Bioscience Research**, v. 9, n. 2, p. 82-86, 2012.

CONSERVA, L. M.; FERREIRA, J. C. *Spermacoce* and *Spermacoce* species (Rubiaceae): A review of their ethnomedicinal properties, chemical constituents, and biological activities. **Pharmacognosy Reviews**, v. 6, n. 11, p. 46-55, 2012.

CONSTANTIN, J. **Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência da *Brachiaria decumbens* Stapf. com a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 1993. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1993.

COSCI, F.; COYOS, T. **Informe de Avance de Resultados**. Campañas 2013-15. Chacra Bandera. Leguizamón, ES: AAPRESID, 2015.

COSTA, A. G. F.; PAVANI, M. C. M. D.; ALVES, P. L. C. A. Interferência de *Spermacoce alata*, em densidades crescentes, no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*, em condições de verão. *In*: Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, XII, 1998, Piracicaba. **Anais [...]** Piracicaba, 1998.

CULVENOR, C. C. J. Alkaloids and human disease. *In*: SMITH, R. L.; BABABUNMI, E. A. (Eds.). **Toxicology in the tropics**. Londres: Taylor and Francis Ltd., 1980. p. 124-141.

DURIGAN, J. C.; ALMEIDA, F. S. **Noções sobre a alelopatia**. Jaboticabal: Funep, 1993.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Embrapa TRIGO**. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm>. Acesso em: 20 jan. 2021.

FADIN, D. A.; MONQUERO, P. A. Leaf characterization of *Spermacoce verticillata* at three stages of development. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 5, p. 792-797, 2019.

FERREIRA-JUNIOR, C. J.; LEMOS, R. P. L.; CONSERVA, L. M. Chemical constituents from *Spermacoce verticillata* (Rubiaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 44, p. 208-211, 2012.

FREITAS, F.C.L. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da cenoura em função do espaçamento entre fileiras. **Planta Daninha**. 2009, v. 27, n. 3, pp. 473-480.

FONTES J. R. A.; TONATO F. **Acúmulo de nutrientes por vassourinha-de-botão (*Spermacoce verticillata*), planta daninha de pastagens na Amazônia**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2016.

FORMAGIO, A. S. N. et al. Potencial alelopático de cinco espécies da família Annonaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 4, p. 349-54, 2010.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California agricultural experimental station, 1950.

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

KALA, S. C. A short review on Rubiaceae species. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v. 5, n. 2, p. 179-181, 2015.

LAMEGO, F. P. *et al.* Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 521-531, 2013.

LANFRANCONI, L. **Jornada de Capacitación en Bayer CropScience**: Manejo de Malezas en zona Centro. [S. l.], 2016.

LIMA, I. C. *et al.* Distribution and chemotaxonomic significance of phenolic compounds in *Spermacoce verticillata* (L.) G. Mey. **Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research**, v. 2, n. 1, p. 14-18, 2014.

LORENCE, A.; NESSLER, E. Molecules of interest. Camptothecin over four decades of surprising findings. **Phytochemistry**, v. 65, p. 2735-49, 2004.

LUCA, V.; LAFLAMME, P. The expanding universe of alkaloid biosynthesis. **Physiology and metabolism**, v. 4, p. 225-33, 2001.

MARQUES, L. J. P. *et al.* Floristic composition of weeds in the cowpea (*Vigna unguiculata*) culture under the chopped secondary forest system. **Planta Daninha**, v. 28, p. 939-951, 2010.

MARTINS, B. A. B. *et al.* A new variety of the weed *Spermacoce densiflora* DC. (Rubiaceae). **Weed biology and management**, v. 9, n. 4, p. 286-291, 2009.

MARTINS, B. A. B. **Biologia e manejo da planta daninha *Spermacoce densiflora* DC.** 2008. 169p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MARTINS, D.; PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas na cultura do amendoim das águas: efeitos de espaçamentos, variedades e períodos de convivência. **Planta Daninha**, v. 12, n. 2, p. 87-92, 1994.

MEDEIROS, A. R. M. Alelopatia: importância e suas aplicações. **Horti Sul**, v. 1, n. 3, p. 27-32, 1990.

MEROTTO JR., A. *et al.* Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, v. 15, p. 141-151, 1997.

MOREIRA, V. F. *et al.* New Chemical Constituents from *Spermacoce verticillata* (Rubiaceae). **Helvetica Chimica Acta**, v. 93, p. 1751-1757, 2010.

MURTALA, Y. *et al.* Effect of aqueous leaf extract of *Spermacoce verticillata* species of Sudano-Sahelian Savanna on CCl₄ induced hepatotoxicity. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 5, n. 24, p. 73-78, 2015.

NEPOMUCENO, M. **Intervalo de dessecação de *Urochloa ruziziensis* (R. German & Evrard) Crins e seu efeito alelopático na cultura da soja RR.** 2011. 128p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.

OGUNWANDE, I. A. *et al.* Essential oil constituents and biological activities of *Peristrophe bicalyculata* and *Spermacoce verticillata*. **Natural Product Communications**, v. 5, n. 11, p. 1815-1818, 2010.

OLIVEIRA, J. S. *et al.* Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Brachiaria brizantha* e *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, p. 379-84, 2015.

PEREIRA, M. R. R. *et al.* Inibição do desenvolvimento inicial de plantas de girassol, milho e triticale por palhada de capim-colchão. **Planta daninha**, v. 29, n. 2, p. 305-310, 2011.

PERESSIN, V. A. *et al.* Acúmulo de matéria seca na presença e na ausência de plantas infestantes no cultivar de mandioca SRT59 – Branca de Santa Catarina. **Bragantia**, v. 57, n. 1, 1998.

PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PITELLI, R. A. Competição e controle de plantas daninhas em áreas agrícolas. *In*: Seminário Técnico sobre Herbicidas em Reflorestamentos, 1986, Piracicaba. **Anais** [...] Piracicaba: IPEF, 1987. p. 25-35.

PUTNAM, A. R.; DUKE, W. B. Allelopathy in agroecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, v. 16, p. 431-51, 1978.

RCPol. Online Pollen Catalogs Network. **Palynoecology**. [S. l.], 2016. Disponível em: <http://chaves.rcpol.org.br/eco> Acesso em: 28 jan. 2022.

REIGOSA, M. *et al.* Allelopathic research in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, p. 629-46, 2013.

REIGOSA, M. J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A.; GONZÁLES, L. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 18, p. 577-608, 1999.

RIDENOUR, W. M.; CALLAWAY, R. M. The relative importance of allelopathy in interference: the effects of an invasive weed on a native bunchgrass. **Oecologia**, v. 126, v. 3, p. 444-450, 2001.

RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D.; REIS, R. A. **Alelopatia em plantas forrageiras**. Jaboticabal: Funep, 1992.

ROSSI, I. H. *et al.* Interferência das plantas daninhas sobre algumas características agrônômicas e a produtividade de sete cultivares de milho. **Planta Daninha**, v. 14, n. 2, p. 134-148, 1996.

SANTOS, W. F. *et al.* Weed Phytosociological and Floristic Survey in Agricultural Areas of Southwestern Goiás Region. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, 2016.

SCHNEIDER, T. C.; CRUZ-SILVA, C. T. A. Potencial alelopático do nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) sobre o desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) **Revista Thêma et Scientia**, v. 2, n. 1, p. 151-156, 2012.

SILVA, J. F. **Defensivos agrícolas, utilização, toxicologia e legislação específica**: herbicidas. Brasília: ABEAS, 1983.

SILVA, T. A. da. **Desempenho fisiológico de sementes e metabolismo antioxidante de plântulas de alface e de trigo sob ação dos extratos aquosos de buva e de azevém**. 2015. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2015.

SILVEIRA, P. F. da. **Efeito alelopático do extrato aquoso da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir.) sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2010. 48f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, 2010.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p.152-178, 1999.

SOLTANI, N. *et al.* Potential com yield losses due to weeds in North America. **Weed Technology**, v. 30, p. 979-984, 2016.

SOTTOMAYOR, M. *et al.* Peroxidases and the biosynthesis of terpenoid indole alkaloids in the medicinal plant *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. **Phytochemistry Reviews**, v. 3, p. 159-71, 2004.

SOUZA, L. S. *et al.* Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 657-668, 2006.

SOUZA FILHO, A. P. S. Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Planta Daninha**, v. 20, p. 357-64, 2002.

SOUZA, J. R. P. de; VELINI, E. D.; MARCONDES, D. A. S. Efeito da presença das plantas daninhas no microclima da cultura da cevada. **Planta Daninha**, v. 15, n. 2, p. 89-96, 1997.

SPADOTTO, C. A. *et al.* Determinação do período crítico para prevenção da interferência de plantas daninhas na cultura da soja: uso do modelo “broken-stick”. **Planta Daninha**, v. 12, n. 2, p. 59-62, 1994.

STAUSS, R. **Compendium of growth stage identification keys for mono- and dicotyledonous plants, extended BBCH scale, Autumn**. Basel: Ciba, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. São Paulo: Artmed, 2009.

EINHELLIG, F. A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. *In*: PUTNAM, A. R.; TANG, C. S. **The Science of Allelopathy**. New York: John Wiley & Sons, 1986. p. 171-188.

USHIE, O. A. *et al.* Phytochemistry of *Spermacoce verticillata* Stem Bark. **International Journal of Traditional and Natural medicines**, v. 2, n. 2, p. 97-103, 2013.

VARGAS, L. A.; PASSOS, A. M. A.; KARAM, D. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle da vassourinha-de-botão (*Spermacoce verticillata*). **Planta Daninha**, v. 36, 2018.

VIBRANS, A. C. *et al.* Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (IFFSC): aspectos metodológicos e operacionais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 291-302, 2011.

VIDAL, R. A. *et al.* Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 63-69, 2004.

WATANABE, Y. *et al.* Phytotoxic Potential of *Onopordum acanthium* L. (Asteraceae). **Chemistry & Biodiversity**, v. 11, n. 8, p. 1247-1256, 2014.

WEIR, T. L.; PARK, S. W.; VIVANCO, J. M. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 7, n. 4, p. 472-479, 2004.