



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL  
MESTRADO EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL  
SUSTENTAVEL**

**MAICON REGINATTO**

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE SOBRE A  
CULTURA DO MILHO E PLANTAS ESPONTÂNEAS**

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2018**



**MAICON REGINATTO**

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE SOBRE A  
CULTURA DO MILHO E PLANTAS ESPONTÂNEAS**

**Dissertação de mestrado, apresentada para o Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.**

**Orientador: Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome**

**Coorientador: Prof. Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt**

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2018**



**PROGRAD/DBIB – Divisão de Bibliotecas**

Reginatto, Maicon

Potencial alelopático de plantas de adubação verde sobre a cultura do milho e plantas espontâneas / Maicon Reginatto. – 2018.

108 f. : il. color.

Orientadora: Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome

Co-orientador: Prof. Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável - PPGADR, Laranjeiras do Sul, PR, 2018.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



MAICON REGINATTO

**TÍTULO: "Potencial alelopático de plantas de adubação verde sobre a cultura do milho e plantas espontâneas".**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* - **Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável** – PPGADR da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS para obtenção do título de Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, defendida em 03/08/2018.

Presidente da Banca: Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome

Aprovado em: 03 / 08 / 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome/UFFS

Prof. Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt/UFFS

Prof. Dr. Pedro Valério Dutra de Moraes/UTFPR/Membro Externo

Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição/UTFPR/Membro Externo

Laranjeiras do Sul/PR, agosto de 2018

Dedicatória:

À tod@s @s agricultor@s campones@s  
que lutam por produzir alimentos  
saudáveis e agroecológicos, e que  
acreditam que um novo mundo é possível.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, pela proteção em cada ida e vinda e por dar força para seguir adiante nessa caminhada.

Ao ex-presidente da República Luiz Inácio Lula da Silva, por apoiar e criar a Universidade Federal da Fronteira Sul, onde graças ao incentivo na educação no seu governo tornou possível que milhares de jovens pudessem cursar uma faculdade, fazer um mestrado e doutorado em Universidades Federais, muito obrigado senhor presidente, Lula Livre.

Aos meus pais Sadi e Isabel, por ser meu exemplo de vida, meu amparo nos momentos difíceis, por dar-me forças, apoio de todas as formas para que eu pudesse me dedicar aos estudos, pela preocupação em cada viagem realizada, por tudo, obrigada meus pais.

Aos meus irmãos, Marijane, Marilei, Charles e Alexandro, pelo apoio concedido em cada momento, pelas conversas, brincadeiras, que me deram força e condições para realizar da melhor forma todas minhas atividades e por me darem sobrinhos e afilhados lindos, obrigados meus irmãos e sobrinhos.

À minha noiva, companheira e amiga Lizmeiry, que mais do que ninguém sabe todos os problemas e obstáculos que tivemos para que esse momento pudesse se realizar, pelas conversas, pelo apoio, pelas noites que passei estudando e não te deixei dormir, por ter se proposto a me acompanhar onde fosse nessa caminhada, a ti, meu muito obrigado.

À Cooperativa Oestebio, que possibilitou que eu pudesse estudar dando apoio em todos os momentos, que sem dúvida nenhuma, eu não conseguiria realizar o mestrado se não pudesse contar com o apoio de vocês, muito obrigado.

Ao professor Lisandro que se desafiou à orientação deste trabalho, pelas críticas e observações que me fizeram crescer academicamente e me mostrou como

fazer ciência, que além de professor, tornou-se um grande amigo, apoiador, companheiro, conselheiro e certamente sem ele não seria possível que esse trabalho tivesse a qualidade com a qual concluo, grato professor Lisandro.

Ao professor Henrique, que desde o primeiro momento que nos propusemos a desenvolver esse trabalho se colocou à disposição e dedicou parte do seu tempo em coorientar este trabalho, grato professor Henrique.

Aos companheiros do Movimento dos Pequenos Agricultores do Paraná, Jacir e Fran, que se tornaram muito mais do que amigos, uma família, que abriram sua casa para que eu pudesse estar durante os dias de aula, foram um apoio fundamental para a realização deste trabalho e contribuíram enormemente para que os dias em Laranjeiras se tornassem mais agradáveis, obrigado por tudo.

Aos professores Gilmar, Betina, Julian, Josimeire, Pedro, Andrioli, Paulo, Cladir, Denise, Luiza, Rozane, Sérgio e Gabriela, por ter compartilhado seus conhecimentos e ser parte dessa conquista, obrigado.

À turma 3 do mestrado, Guilherme, Rodrigo Silva, Anelize, Rodrigo Asturian, Giovana, Nilton, Renato, Fernanda, Micheli, Flávio, Marciane, Keulin, Naiara, Tuany, que foram parte da construção deste trabalho, pelos debates em sala de aula, pelos churrascos na casa da Anelize, pela companhia em todos os momentos e por fazer acreditar que outro mundo é possível, obrigado pessoal.

Ao amigo e colega de fruticultura Leonardo Giovanetti, pelo apoio incondicional, que desde o início do trabalho esteve sempre à disposição de ajudar nas tarefas e que foi parte importante para que as atividades propostas na dissertação fossem concluídas, e certamente fará um ótimo trabalho dando seguimento a este, valeu Leo.

Ao professor Luciano Tormen, pela dedicação e por ter me ajudado a entender uma área completamente desconhecida para mim, muito obrigado professor.

Aos técnicos de laboratório, Diogo, que sempre esteve disposto a ajudar, que se tornou vizinho e amigo, ao Edimar, Vanessa, Edeimar, Edmilson, Marcelo, Wilson, Fernanda, Silvana, Elen, entre outros que apoiaram na realização deste trabalho, obrigado à tod@s.

Aos professores Pedro Moraes e Paulo César Conceição por aceitar o convite de fazer parte da banca de defesa da dissertação e pelas contribuições para enriquecer ainda mais o trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo, a qual possibilitou dedicação exclusiva aos estudos e o aperfeiçoamento dos conhecimentos nas áreas estudadas.

À gurizada da Agronomia, José, Isaias, Félix, Keidima, Marcelo, Yasmin, pelo companheirismo, pelos churrascos na casa da Ísis, pelo apoio nas atividades da dissertação, obrigado.

Às tias da limpeza, aos vigilantes, que no cumprimento de suas tarefas, sempre estiveram dispostos em ajudar e contribuir.

Muito obrigado à tod@s.

Não somos donos da verdade, menos ainda de toda a sapiência do mundo, no dia que acreditarmos saber tudo, ou que tivermos perdido a capacidade de contato e intercâmbio com o povo e com a juventude, será o dia que teremos deixado de ser revolucionários.

(Che).

## RESUMO

REGINATTO, Maicon. POTENCIAL ALELOPÁTICO DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE SOBRE A CULTURA DO MILHO E PLANTAS ESPONTÂNEAS 108 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural (Linha de pesquisa: Agroecossistemas, sustentabilidade e agrobiodiversidade) Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul, 2018.

O uso de plantas de adubação verde tem sido uma estratégia para os agricultores para reduzir a utilização de insumos químicos sintéticos. Este trabalho objetivou avaliar o potencial alelopático de plantas de adubação verde nabo forrageiro, aveia preta e ervilhaca peluda sobre a cultura do milho e das plantas espontâneas *Amaranthus spinosus* e *Ipomoea grandifolia*. O trabalho foi dividido em três experimentos. No primeiro avaliou-se o potencial alelopático do exsudato radicular de plantas de adubação verde sobre a germinação e crescimento de plantas espontâneas e do milho. As avaliações realizadas foram: germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG), crescimento e peso da matéria seca da raiz e da parte aérea do milho, germinação, IVG e crescimento do *A. spinosus*, protrusão radicular, Índice de Velocidade de Protrusão Radicular (IVPR) e crescimento da *I. grandifolia*. No segundo experimento avaliou-se o potencial alelopático do extrato aquoso da parte aérea de plantas de adubação verde na germinação e crescimento de plantas espontâneas e do milho. Para isso, as análises realizadas foram as mesmas do primeiro experimento. O terceiro experimento objetivou avaliar o potencial alelopático da degradação da palhada de plantas de adubação verde na emergência e no desenvolvimento inicial do milho, com as seguintes análises: porcentagem de emergência, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), clorofila *a*, *b* e Total, área foliar e peso da matéria seca das plântulas de milho. Foram realizados bioensaios em laboratório para avaliar a fitotoxicidade do exsudato de raiz e do extrato aquoso, e bioensaio em casa de vegetação para avaliar a fitotoxicidade da degradação da palhada. O exsudato radicular da aveia preta foi o que apresentou maior fitotoxicidade ao desenvolvimento inicial das plântulas de milho e plantas espontâneas, seguida pelo exsudato radicular da ervilhaca peluda que também apresentou fitotoxicidade ao milho e às plantas espontâneas. O extrato aquoso que mais afetou o vigor e a germinação do milho foi o de ervilhaca peluda, seguido pela aveia preta e nabo forrageiro. Concentrações baixas dos extratos aquosos são menos fitotóxicas ao desenvolvimento inicial do milho, sendo que as plantas espontâneas apresentam maior sensibilidade. A ervilhaca peluda foi a planta que apresentou maior quantidade de fenóis totais ( $1,23 \text{ mg.g}^{-1}$ ), seguido pelo nabo forrageiro ( $0,76 \text{ mg.g}^{-1}$ ) e pela aveia preta ( $0,4 \text{ mg.g}^{-1}$ ). Foram identificados dez compostos fenólicos no extrato aquoso, sendo o ácido benzoico e o *p*-cumarico os mais abundantes, seguidos pelo ácido ferúlico e ácido *p*-hidroxibenzóico. As quantidades de palhada do nabo forrageiro e de aveia preta apresentaram menor interferência na emergência e no vigor do milho, sendo que a ervilhaca peluda foi mais prejudicial para o desenvolvimento inicial do milho, afetando a germinação e o vigor. Estudos posteriores devem ser realizados avaliando essa interferência a campo e potencial inibitório dos compostos fenólicos encontrados sobre as plantas receptoras.

**Palavras-chave:** Agroecologia. Plantio direto. Compostos fenólicos. *I. grandifolia*.

## ABSTRACT

REGINATTO, Maicon. ALELOPATHIC POTENTIAL OF COVER CROPS ON MAIZE AND WEEDS. 108 f. Dissertation (Master degree) - Postgraduate Program in Agroecology and Rural Development (Research Line: Agroecosystems, sustainability and agrobiodiversity) Federal University of Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul, 2018.

The use of cover crops has been a strategy for farmers to reduce the use of synthetic chemical inputs. This work aimed to evaluate the allelopathic potential of cover crops fodder radish, black oats and hairy vetch on maize and weeds *Amaranthus spinosus* and *Ipomoea grandifolia*. The work was divided into three experiments. In the first one the allelopathic potential of root exudates of cover crops was evaluated on the germination and growth of weeds and maize. The evaluations were: germination, Germination Rate Index (GRI), growth and dry matter weight of root and shoot, germination, GRI and growth of spiny amaranth, root protrusion, Root Protrusion Rate Index (RPRI) and morning-glory growth. In the second experiment the allelopathic potential of the aqueous extract of the aerial part of cover crops was evaluated in the germination and growth of weeds and maize. For this, the analyzes performed were the same as the first experiment. In the third experiment the objective was to evaluate the allelopathic potential of the degradation of cover crops in emergence and initial development of maize, with the following analyzes: emergence percentage, Emergency Rate Index (ERI), chlorophyll A, B and Total, leaf area and weight of dry matter of maize seedlings. Laboratory bioassays were conducted to evaluate the phytotoxicity of root exudate and aqueous extract and greenhouse bioassay to evaluate the phytotoxicity of straw degradation on the initial development of maize. Black oat root exudation was the one that presented the greatest phytotoxicity to the initial development of the maize seedlings and weeds tested, followed by root exudate of hairy vetch that also presented phytotoxicity to maize and weeds. The aqueous extract that most affected the vigor and germination of maize was hairy vetch, followed by black oat and fodder radish. Low concentrations of aqueous extracts are less phytotoxic to the initial development of maize, and weeds are more sensitive. The highest amount of total phenols is present in hairy vetch ( $1.23 \text{ mg.g}^{-1}$ ), followed by fodder radish ( $0.76 \text{ mg.g}^{-1}$ ) and black oat ( $0.4 \text{ mg.g}^{-1}$ ). Ten phenolic compounds were identified in the aqueous extract, with benzoic and *p*-coumaric acids being the most frequent, followed by ferulic acid and *p*-hydroxybenzoic acid. The different amounts of straw of fodder radish and black oats do not present interference to the emergence and vigor of maize, and the hairy vetch has been shown to be harmful to the initial development of maize, affecting germination and vigor. Further studies should be performed evaluating this field interference and the inhibition of the phenolic compounds found on target plants.

**Keywords:** Agroecology. No-tillage. Phenolic compounds. *A. spinosus*. *I. grandifolia*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula estrutural de compostos fenólicos (A – Ácido fenilacético; B – Ácido 3(4-hidroxifenil) propiônico; C – Ácido p-cumarico; D – Ácido ferúlico; E – Ácido cafeico; F – Ácido cinâmico; G – Ac. *p*-hidroxibenzoico; H – Ácido vanílico; I – Ácido benzoico; J - Ac. salicílico) identificados na massa seca da parte aérea das plantas de adubação verde. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018..... 74

Figura 2. Efeito das concentrações de extrato aquoso das PAV sobre a germinação e IVG do milho (*Zea mays* cv. PRE 22D11). A) A linha apresenta a média geral da germinação com os diferentes extratos em modelo linear, onde Y representa a germinação das sementes de milho (%) nas diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem para nabo forrageiro e aveia preta e linear para ervilhaca, onde Y representa o Índice de Velocidade de Germinação das sementes (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X..... 76

Figura 3. Efeito das concentrações de extrato aquoso das PAV sobre o vigor das plântulas de milho (*Zea mays* cv. PRE 22D11).A) As linhas apresentam modelo linear, onde Y representa o crescimento do sistema radicular das plântulas de milho (%) nas diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o crescimento da parte aérea das plântulas de milho (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018..... 77

Figura 4. Efeito das concentrações de extrato aquoso das PAV sobre a matéria seca das plântulas de milho (*Zea mays* cv. PRE 22D11).A) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o peso da matéria seca do sistema radicular das plântulas de milho (%) nas diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o peso da matéria seca da parte aérea das plântulas de milho (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018..... 78

Figura 5. Efeito das concentrações de extrato aquoso das PAV durante a fase de desenvolvimento inicial do *A. spinosus*. A) As linhas apresentam modelo polinomial linear, onde Y representa a germinação (%) nas diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo linear, onde Y representa o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X. C) As linhas apresentam modelo linear, onde Y representa o crescimento inicial das plântulas de *A. spinosus* (mm) sobre diferentes concentrações dos extratos (%), X. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018..... 79

Figura 6. Efeito das concentrações de extrato aquoso das plantas de adubação verde na fase de desenvolvimento inicial *I. grandifolia*. A) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa a protrusão (%) nas

diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo linear, onde Y representa o Índice de Velocidade de Protrusão Radicular (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X. C) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o crescimento inicial das plântulas de *I. grandifolia* (mm) sobre diferentes concentrações dos extratos (%), X. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018.....81

Figura 7. . Evolução da emergência (Gráfico A) e do Índice de Velocidade de Emergência (Gráfico B) em resposta á distribuição de palhada sobre o solo. As linhas do Gráfico A apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa a Emergência das sementes de milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. O Gráfico B apresenta linhas com modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o Índice de Velocidade de Emergência do milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo.....95

Figura 8. Índices de Clorofila *a*, *b* e Clorofila Total em resposta á distribuição de palhada sobre o solo. As linhas do Gráfico A apresentam modelo polinomial de segunda ordem para nabo forrageiro e aveia preta e Linear para ervilhaca peluda, onde Y representa a Clorofila *a* das plântulas de milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. O Gráfico B apresenta linhas com modelo polinomial de segunda ordem para nabo forrageiro e Linear para aveia preta e ervilhaca peluda, onde Y representa a Clorofila *b* das plântulas de milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. O Gráfico C apresenta linhas com modelo polinomial de segunda ordem para nabo forrageiro e linear para aveia preta e ervilhaca peluda, onde Y representa a Clorofila Total das plântulas de milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. (ICF – Índice de Clorofila Falker) .....96

Figura 9. Análise de área foliar (Gráfico A) e matéria seca (Gráfico B) da parte aérea das plântulas de milho em relação aos diferentes tratamentos e distribuição da palhada sobre o solo. As linhas do Gráfico A apresentam modelo polinomial de segunda ordem para aveia preta e ervilhaca peluda e Linear para nabo forrageiro, onde Y representa a área foliar em cm<sup>2</sup> e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. O Gráfico B apresenta linhas com modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa a matéria seca das plântulas de milho (gr) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo.....97



## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1. Campo coberto com aveia preta.....	35
Fotografia 2. <i>Vicia villosa</i> Roth .....	37
Fotografia 3. a) Cultivo de nabo forrageiro em campo amostral de plantas de adubação verde (Saudades do Iguçu, 2017). b) Frutos em forma de síliquas.....	38
Fotografia 4. a) Área de lavoura infestada com caruru de espinho no município de São Miguel do Oeste - SC. b) Formação de sementes de <i>A. spinosus</i> . ....	41
Fotografia 5. Área de cultivo de milho infestada com <i>I. grandifolia</i> no município de Marmeleiro – PR. Sementes de <i>I. grandifolia</i> em estágio de maturação fisiológica.	42
Fotografia 6. Câmara para germinação tipo Mangelsdorf - Marca Tecnal - Modelo TE 406.....	101
Fotografia 7. Câmara de Germinação tipo BOD - Marca Biofoco - Modelo BF2 CGFP 295.....	101
Fotografia 8. Estufa com circulação de ar forçado, marca Ethik Technology. ....	101
Fotografia 9. Moinho de facas tipo Willey. ....	101
Fotografia 10. Incubadora refrigerada com Agitador orbital “Shaker”, marca Fortinox, modelo STAR FT 38. ....	101
Fotografia 11. Centrifuga Marca Sigma, modelo 3-16 KL.....	101
Fotografia 12. Esquema utilizado para rotoevaporação dos solventes (Rotoevaporador, bomba de vácuo). ....	102
Fotografia 13. Espectrofotômetro marca Thermo Scientific, modelo Evolution 201. ....	102
Fotografia 14. Cromatógrafo gasoso com espectrofotometria de massa, Marca Shimadzu, modelo do cromatógrafo QP2010 e espectrofotômetro GC2010.....	102
Fotografia 15. Agitador magnético marca IKA®, modelo C-MAG HS7. ....	102
Fotografia 16. Medidor de área foliar de bancada marca CID, modelo CI-203. ....	102
Fotografia 17. Clorofilômetro marca Falker, modelo CloroliLog CFL 1030. ....	102
Fotografia 18. Bandeja com plântulas de aveia preta para bioensaio do exsudato radicular. ....	103
Fotografia 19. Bandeja com sementes geminadas de ervilhaca peluda para bioensaio do exsudato radicular. ....	103
Fotografia 20. Segunda contagem do IVG do milho em papel com exsudato radicular	

de ervilhaca peluda. ....	103
Fotografia 21. Necrose nas raízes de milho devido ao efeito fitotóxico do exsudato radicular de ervilhaca peluda sobre sementes de milho.....	103
Fotografia 22. Plântulas testemunhas para avaliação do crescimento de <i>I. grandifolia</i> .....	103
Fotografia 23. plântulas de <i>I. grandifolia</i> cultivadas sobre o exsudato radicular de nabo forrageiro. ....	103
Fotografia 24. Sementes germinadas para a coleta de exsudatos radiculares para identificação dos compostos secundários. ....	104
Fotografia 25. Exsudatos radiculares das plantas de adubação verde retirados dos papeis germitest. ....	104
Fotografia 26. Mistura do material triturado com água destilada.....	104
Fotografia 27. Extrato aquoso de ervilhaca peluda após o processo de filtrado. ....	104
Fotografia 28. Funil de separação para lavagem dos extratos em hexano e éter etílico. ....	104
Fotografia 29. resultado da mistura realizada para a a quantificação de fenóis totais. ....	104
Fotografia 30. Testemunha para o teste de crescimento das plântulas de milho....	104
Fotografia 31.Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de nabo forrageiro à 25%. ....	104
Fotografia 32.Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de nabo forrageiro à 50%. ....	104
Fotografia 33. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de nabo forrageiro à 75%. ....	104
Fotografia 34. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de aveia preta à 25%. ....	104
Fotografia 35. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de aveia preta à 50%. ....	104
Fotografia 36. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de aveia preta à 75%. ....	104
Fotografia 37. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de ervilhaca peluda à 25%. ....	104
Fotografia 38. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de ervilhaca peluda à 50%. ....	104

Fotografia 39. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de ervilhaca peluda à 75%.....	104
Fotografia 40. Testemunha para a avaliação do índice de velocidade de protrusão radicular das sementes de <i>I. grandifolia</i> . ....	104
Fotografia 41. Concentração de 75% do extrato aquoso de ervilhaca peluda no índice de velocidade de protrusão radicular de <i>I. grandifolia</i> . ....	104
Fotografia 42. Crescimento da testemunha de plântulas de <i>I. grandifolia</i> . ....	104
Fotografia 43. Plântulas de <i>I. grandifolia</i> cultivadas sob papéis umedecidos com extrato de ervilhaca a 75%. ....	104
Fotografia 44. Testemunha para o crescimento de sementes de caruru de espinho. ....	104
Fotografia 45. Sementes de caruru de espinho sob efeito do extrato aquoso de ervilhaca peluda na concentração de 75%. ....	104
Fotografia 46. Crescimento da testemunha de plântulas de caruru de espinho. ....	104
Fotografia 47. Efeito do extrato aquoso de ervilhaca sobre sementes de caruru na concentração 25%. ....	104
Fotografia 48. Bandejas em casa de vegetação para avaliação da fitotoxicidade da decomposição da palhada das plantas de adubação verde sobre o desenvolvimento inicial do milho. ....	104
Fotografia 49. Desenvolvimento inicial das plantas de milho em casa de vegetação com diferentes palhadas e concentrações. No detalhe observa-se espaço deixado para não haver supressão da cobertura. ....	104
Fotografia 50. Avaliação do índice de clorofila das plântulas de milho em casa de vegetação. ....	104
Fotografia 51. Amostragem de solo para avaliação da presença de compostos secundários derivados da decomposição da palhada. ....	104
Fotografia 52. Agitação de amostras de solo em Incubadora Refrigerada com Agitação Orbital "Shaker". ....	104
Fotografia 53. Análise da área foliar do milho com o auxílio de medidor de área foliar de bancada. ....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Compostos encontrados a partir da análise cromatográfica com espectrofotometria de massa do exsudato radicular das plântulas de adubação verde <i>R. sativus</i> , <i>A. strigosa</i> e <i>V. sativa</i> . UFFS, Laranjeiras do Sul, PR, 2018. ....	57
Tabela 2. Efeito do exsudato radicular de plântulas de adubação verde sobre a germinação e vigor de plântulas de milho ( <i>Zea mays</i> ) cv. PRE 22D11. UFFS, Laranjeiras do Sul, PR, 2018.....	58
Tabela 3. Germinação, IVG e crescimento de plântulas de caruru de espinho ( <i>Amaranthus spinosus</i> L.) sob efeito do exsudato radicular de plântulas de adubação verde. UFFS, Laranjeiras do Sul, PR, 2018. ....	59
Tabela 4. Protrusão radicular e desenvolvimento inicial de plântulas de <i>Ipomoea grandifolia</i> sob a ação do exsudato radicular de plântulas de adubação verde. UFFS, Laranjeiras do Sul, PR, 2018.....	59
Tabela 5. Presença de compostos fenólicos encontrados no extrato aquoso da massa seca da parte aérea do nabo forrageiro ( <i>Raphanus sativus</i> ), aveia preta ( <i>A. strigosa</i> ) e ervilhaca peluda ( <i>V. villosa</i> ). UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018.....	75
Tabela 6. Análise físico-química do solo utilizado como substrato para as bandejas. Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul – PR.....	91
Tabela 7. Quantidades de material fresco das plantas de adubação verde utilizados para a distribuição sobre o solo. (UFFS – campus Laranjeiras do Sul – PR).....	91

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

BOD: Demanda Biológica de Oxigênio – (Biochemical Oxygen Demand)  
CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior  
CGMS: Cromatografia gasosa com espectrofotometria de massa  
CTC: Capacidade de troca de cátions  
PAV: Plantas de Adubação Verde  
PE: Plantas Espontâneas  
PR: Paraná – Unidade da Federação  
PRE: Cultivar desenvolvida pela empresa Sempre Sementes  
rpm: Revoluções por minuto  
SC: Santa Catarina – Unidade da Federação  
UFFS: Universidade Federal da Fronteira Sul  
UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina  
UTFPR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	25
1.1. Objetivos .....	27
1.1.1. Objetivo Geral.....	27
1.1.1.1. Objetivos Específicos .....	27
1.2. Hipóteses .....	27
2. Capítulo I: Revisão Bibliográfica.....	28
2.1. ALELOPATIA, LIBERAÇÃO E EFEITO DOS ALELOQUÍMICOS NO AMBIENTE .....	28
2.2. Sistema de Plantio Direto.....	31
2.3. O cultivo e a importância da Cultura do Milho.....	32
2.4. Plantas de Adubação Verde.....	34
2.4.1. Aveia preta ( <i>Avena strigosa</i> Schreb) .....	35
2.4.2. Ervilhaca-Peluda ( <i>Vicia villosa</i> Roth) .....	36
2.4.3. Nabo Forrageiro ( <i>Raphanus sativus</i> L.) .....	37
2.5. Plantas Espontâneas .....	38
2.5.1. Caruru de Espinho ( <i>Amaranthus spinosus</i> L.).....	40
2.5.2. Corda de Viola ( <i>Ipomoea grandifolia</i> (Dammer) O'Donnell).....	41
REFERENCIAS .....	43
CAPÍTULO II .....	48
3. INFLUENCIA DO EXSUDATO RADICULAR DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO DE <i>Amaranthus spinosus</i> L., <i>Ipomoea grandifolia</i> (Dammer) O'Donnell. E <i>Zea mays</i> L. ....	49
3.1. INTRODUÇÃO .....	51
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	52
3.2.1. Identificação dos compostos .....	53
3.2.2. Bioensaios com exsudatos radiculares.....	54
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
3.3.1. Identificação dos compostos .....	56
3.2.3. Bioensaios com exsudatos radiculares.....	57

3.4. CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS.....	61
CAPÍTULO III.....	64
4. POTENCIAL ALELOPÁTICO DO EXTRATO AQUOSO DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS ESPONTÂNEAS E DO MILHO.....	65
4.1. INTRODUÇÃO.....	67
4.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	68
4.2.1. Extração Sólido-Líquido .....	69
4.2.2. Extrato Bruto .....	69
4.2.3. Quantificação de Fenóis Totais.....	70
4.2.4. Identificação dos compostos fenólicos.....	70
4.2.5. Bioensaio com extrato aquoso de parte aérea.....	71
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
4.3.1. Quantificação de Fenóis Totais.....	73
4.3.2. Identificação dos compostos fenólicos.....	73
4.2.6. Bioensaio com extrato aquoso de parte aérea.....	76
4.3.2.1. Milho:.....	76
4.3.2.2. <i>Amaranthus spinosus</i> .....	78
4.3.2.3. <i>Ipomoea grandifolia</i> .....	80
4.4. CONCLUSÕES.....	82
REFERÊNCIAS.....	83
CAPÍTULO IV .....	86
5. POTENCIAL ALELOPÁTICO DA DEGRADAÇÃO DA PALHADA DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE NA EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO .....	87
5.1. INTRODUÇÃO.....	89
5.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	90
5.2.1. Amostragem de solo, preparação e extração de compostos fenólicos do solo	92

5.2.2. Identificação dos compostos fenólicos .....	92
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	94
5.3.1. Identificação dos compostos presentes na solução do solo .....	94
5.3.2. Fitotoxicidade da degradação da palhada .....	94
5.4. CONCLUSÕES .....	97
REFERENCIAS .....	99
6. APENDICE A - Imagens.....	101
7.1. Equipamentos .....	101
7.2. Avaliações.....	103



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As plantas espontâneas têm se constituído em um fator limitante no rendimento das culturas, sejam elas perenes ou anuais. O seu controle em áreas de cultivo tem se tornado um dos principais entraves para a transição de agroecossistemas manejados em sistema convencional para o agroecológico, acarretando assim, no aumento desenfreado do uso de agrotóxicos. Segundo a Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO), o Brasil ocupa o lugar de maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Enquanto o comércio mundial de agrotóxicos cresceu 93% nos últimos dez anos, o mercado Brasileiro cresceu 190%, constituindo assim o país com maior mercado mundial de agrotóxicos, com destaque para os herbicidas que representam mais de 69% do total importado no primeiro semestre de 2016 (ANVISA, 2012; CARNEIRO, 2015; SINDIVEG, 2016).

A conscientização da sociedade dos prejuízos causados pela agricultura tradicional sobre o meio ambiente tem levado diferentes grupos sociais a promover mudanças significativas nos sistemas de produção e consumo alimentar (NIEDERLE, ALMEIDA e VEZZANI, 2013). A tônica é que os anseios econômicos, sociais e ambientais da sociedade sejam satisfeitos, porém sem diminuir as oportunidades das gerações futuras (CAPRA, 2011).

A adoção de práticas sustentáveis e manejo ecologicamente responsável dos recursos naturais constitui-se na base da agricultura agroecológica contemporânea. Dentre essas práticas, o consórcio de culturas, a adoção da adubação verde e o sistema de plantio direto são generalizados em boa parte das pequenas propriedades do Brasil que adotam um sistema com menores riscos de perdas, maior aproveitamento da propriedade rural e maior rendimento econômico (MACIEL et al., 2004).

O plantio direto quando trabalhado numa perspectiva agroecológica promove diversos benefícios ao solo, melhorando suas características físicas, químicas e biológicas, além disso, contribui para a reciclagem de nutrientes e aumento do teor de matéria orgânica do solo (BITTENCOURT et al., 2009; ALTIERI et al., 2011). Contudo, as plantas de cobertura ou de adubação verde são escolhidas, na maioria das vezes, de acordo com a época apropriada para o seu plantio e da espécie

cultivada em sucessão, sem levar em consideração, em muitos casos, possíveis influências alelopáticas da degradação da palhada da espécie de cobertura sobre a germinação e o desenvolvimento das culturas de interesse econômico que virão em sequência.

Os compostos químicos liberados pelas plantas de adubação verde, durante o seu desenvolvimento, por meio da exsudação das raízes ou durante a decomposição da parte aérea da planta podem causar prejuízos ou benefícios a cultura semeada em sua palhada. Os aleloquímicos, assim denominados, uma vez liberados para o ambiente, influenciam de maneira decisiva a dinâmica de crescimento e desenvolvimentos das espécies que compõem os agroecossistemas, sejam elas vegetais, animais e/ou microrganismos presentes na biota do solo (OLIVEIRA et al., 2014).

Desta maneira, as plantas de adubação verde embora possam interferir no crescimento da cultura de interesse econômico podem auxiliar no controle de plantas espontâneas, tanto por constituir uma barreira física à germinação e emergência das plântulas quanto por meio da liberação de compostos químicos no solo de áreas cultivadas. Com isso, a escolha da planta de cobertura que vai anteceder a cultura principal é de fundamental importância e deve ser definida em função da cultura semeada em sucessão e do histórico das espécies de plantas espontâneas existentes na área de cultivo.

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial alelopático das plantas de adubação verde *Vicia villosa*, *Raphanus sativus* L. e *Avena strigosa* L., sobre a germinação e desenvolvimento da cultura do milho e das plantas espontâneas *Amaranthus spinosus* e *Ipomoea grandifolia*.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar o potencial alelopático das plantas de adubação verde: aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca peluda sobre a germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho e das plantas espontâneas *Amaranthus spinosus* (caruru de espinho) e *Ipomoea grandifolia* (corda de viola).

#### 1.1.1.1. Objetivos Específicos

Avaliar o potencial alelopático do exsudato da raiz das plantas de adubação verde: aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca peluda sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de milho, caruru de espinho e corda de viola;

Avaliar o potencial alelopático do extrato aquoso de parte aérea das plantas de adubação verde: aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca peluda sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de milho, caruru de espinho e corda de viola;

Quantificar os fenóis totais presentes nos extratos aquosos da parte aérea das plantas de adubação verde aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca peluda;

Identificar os compostos fenólicos presentes no extrato aquoso, nos exsudatos radiculares e no solo manejado com cobertura morta das plantas de adubação verde aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca peluda.

## 1.2. HIPÓTESES

O exsudato radicular das plantas de adubação verde apresenta compostos fenólicos capazes de interferir na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas de milho, caruru de espinho e corda de viola.

O extrato aquoso da parte aérea das plantas de adubação verde apresenta compostos fenólicos capazes de interferir na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas de milho, caruru de espinho e corda de viola.

A degradação da palhada das plantas de adubação verde liberam compostos aleloquímicos no solo que interferem na emergência e no vigor do milho.

## 2. **CAPITULO I: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### 2.1. ALELOPATIA, LIBERAÇÃO E EFEITO DOS ALELOQUÍMICOS NO AMBIENTE

Nos agroecossistemas ocorre uma série de relações entre microrganismos, plantas e entre microrganismos e plantas. Certas relações que podem ser benéficas em alguns casos ou gerar efeitos negativos em outros, estas relações são denominadas de alelopatia, a qual é definida como a capacidade das plantas produzirem substâncias químicas que liberadas no ambiente influenciam de forma favorável ou não ao desenvolvimento de outras (MOLISH, 1937).

Como esse conceito é um dos pioneiros sobre o tema, com o passar do tempo outros autores foram acrescentando novas discussões ao termo alelopatia. Szczepanski (1977) vai ao encontro da definição proposta por Molish, definindo a alelopatia como sendo a interferência provocada por substâncias químicas produzidas por certos organismos que afetam os outros componentes da comunidade. Já para Rice (1984), a alelopatia compreende a liberação, por um dado organismo, de substâncias químicas no ambiente, as quais interagem com outro organismo, inibindo ou estimulando o seu crescimento e desenvolvimento.

Mais de uma década depois, Rice e Miller (1996) dividiram o efeito alelopático em dois tipos: autotoxicidade - que é um mecanismo intraespecífico de alelopatia, onde a planta libera uma determinada substância que irá inibir ou retardar a germinação e o crescimento de plantas da sua própria espécie; e heterotoxicidade - que ocorre quando uma planta libera determinada substância fitotóxica no ambiente e essa substância inibe ou retarda a germinação e crescimento de plantas de outras espécies.

Para Li et al. (2010) a alelopatia é um fenômeno que envolve efeitos diretos ou indiretos e benéficos ou adversos de uma planta ou microrganismos em outra planta através da liberação de substâncias químicas no ambiente. Singh, Batish e Kohli (2008) relatam que existem diferentes agentes causadores de alelopatia no agroecossistema, dentre os quais merecem destaque: as plantas espontâneas, as culturas de importância agrícola, as árvores e as espécies de adubação verde.

A liberação das substâncias alelopáticas pelos tecidos vegetais pode ser realizada por diversas maneiras, como volatilização, lixiviação, exsudação radicular

e decomposição de resíduos vegetais (RICE, 1984). De modo geral, estas substâncias apresentam grande instabilidade, sendo rapidamente decompostas após sua liberação (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Na volatilização os aleloquímicos são de difícil detecção, identificação e quantificação. São comuns em plantas aromáticas como a roseira (*Rosa* sp.), o eucalipto (*Eucalyptus* sp.) e o mentrasto (*Ageratum conyzoides*) que liberam compostos voláteis. Os casos mais frequentes de ação de aleloquímicos voláteis ocorrem nas regiões áridas e de temperatura elevada (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Já na lixiviação, uma variedade de compostos químicos pode ser lixiviado da parte aérea das plantas, pela chuva ou orvalho, e carregados até o solo (PIRES; OLIVEIRA, 2011). Dentre os compostos mais lixiviados estão os ácidos orgânicos, os aminoácidos, os terpenóides, os alcaloides e os compostos fenólicos (PUTNAM, 1985).

No caso da exsudação radicular, as plantas exsudam pelas raízes inúmeros produtos químicos, como é o caso da catequina em plantas de *Centaurea maculosa*, ou da hidroxiquinolina em plantas de *Centaurea difusa*, alguns com características alelopáticas. Todavia, torna-se muito difícil saber com precisão se as substâncias alelopáticas encontradas no solo provém diretamente das raízes, são produzidas por microrganismos associados a elas, ou liberadas pela decomposição dos resíduos orgânicos o que inclui as células mortas que se desprendem das raízes (ALMEIDA, 1990).

Em relação a decomposição de resíduos vegetais, a liberação de aleloquímicos pode ocorrer diretamente pela lixiviação de substâncias presentes nos resíduos, pelo rompimento de tecidos celulares durante a decomposição e liberação do seu conteúdo e, ainda, pela produção de substâncias pelos próprios organismos decompositores (RICE, 1984). Em alguns casos esses metabólitos gerados a partir da decomposição são mais tóxicos do que o produto original (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Para Castro et al. (1983), as substâncias alelopáticas são geralmente classificadas como compostos secundários das plantas, sendo que a maioria se origina de acetato ou de aminoácidos da via bioquímica. De acordo com as diferentes estruturas e propriedades destes compostos, os aleloquímicos podem ser

classificados nas seguintes categorias: ácidos orgânicos solúveis em água, alcoóis de cadeia linear, aldeídos alifáticos e cetonas; lactonas insaturadas simples; ácidos graxos de cadeia longa e poliacetilenos; quininas (benzoquinona, antraquinona e quininos complexos); ácidos fenólicos; esteroides e terpenóides (sesquiterpeno lactonas, diterpenos e triterpenóides).

Os compostos fenólicos são uma classe dos mais importantes e comuns compostos químicos sintetizados por vegetais no ecossistema. São compostos que possuem grupos OH ligados a sistemas aromáticos, sendo que os fenóis são geralmente solúveis em soluções aquosas de carbonatos (CONSTANTINO, 2012).

A maioria dos compostos fenólicos são biossintetizados por meio do chiquimato (ácido chiquímico) ou pelos policetídeos. Esses, no entanto podem ter funções no suporte mecânico, como atrativo de polinizadores ou dispersores de frutos, na proteção contra a radiação ultravioleta ou reduzindo o crescimento de plantas competidoras adjacentes (TAIZ E ZEIGER, 2017).

Estudos realizados de forma isolada dos compostos fenólicos sobre o desenvolvimento das plantas possibilitam entender os mecanismos de ação de acordo com as características químicas de cada composto aleloquímico. Os mecanismos de ação reconhecidos pela ação dos compostos fenólicos são diversos, como: inibição da divisão celular; modificações da parede celular; síntese de pigmentos; inibição de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos; alteração dos ácidos nucleicos, além da reconhecida ação sobre a absorção de minerais, inibição da fotossíntese e na inibição/estimulação da respiração (RICE, 1984).

O ácido cinâmico e benzoico são compostos aleloquímicos bastante estudados e, portanto, apresentam mecanismos de ação melhor conhecidos. É sabido que a toxicidade desses compostos costuma ser maior sobre o desenvolvimento de plântulas do que na germinação das sementes (BITTENCOURT, 2017)

Porém, os sintomas mais comumente citados na literatura provocados pelas coberturas mortas das culturas são a redução da germinação e do vigor das sementes, inibição do crescimento vegetativo das plântulas, clorose das folhas, redução do perfilhamento e atrofiamento ou deformação das raízes (CARVALHO, 2012).

No ambiente agrícola as próprias plantas cultivadas podem exercer efeitos

alelopáticos umas nas outras. Por exemplo, a germinação e o desenvolvimento de plântulas de trigo foram afetados por substâncias extraídas da palhada de aveia (RICE, 1984).

## 2.2. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é uma tecnologia conservacionista que teve grande desenvolvimento nos últimos anos, tendo como o estado do Paraná um dos pioneiros nessa técnica no Brasil. Um dos primeiros registros da sua utilização é o da propriedade do agricultor Herbert Bartz, em Rolândia no ano de 1972 (CASÃO JR, ARAUJO, LLANILO, 2012). Todavia, há indicativos de que o início do SPD no Brasil se deu por meio dos pesquisadores da UFRGS, Newton Martins e Luiz Fernando Coelho de Souza, que realizaram a semeadura de um hectare de sorgo, sem preparo prévio do solo, mantendo os restos culturais remanescentes da cultura de inverno (ROSA, 2009). No entanto, esta técnica teve sua origem pelos agricultores ingleses e estadunidenses no início da década de 1950 e foi adaptada aos solos brasileiros. Dados da FEBRAPDP (Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha) apresentam que a área plantada com plantio direto no Brasil representa aproximadamente 32 milhões de hectares (MOTTER E ALMEIDA, 2015).

Embora bastante discutido e trabalhado nos últimos anos no Brasil, existe ainda uma certa controvérsia em relação à terminologia do Sistema Plantio Direto. O plantio direto inicialmente tinha como principal estratégia reduzir ou controlar a erosão do solo, protegendo contra o impacto das gotas da chuva e o armazenamento de água, reduzindo assim a erosão pluvial (GASSEN e GASSEN, 1996). Porém, como esta técnica passou a ser altamente estudada, inúmeras vantagens foram sendo encontradas para justificar a sua importância em relação aos demais sistemas de cultivo.

Desta forma, o SPD passou de uma simples técnica para o controle da erosão do solo para um sistema ordenado de práticas agrícolas interligadas e altamente dependentes entre si (ANGHINONI, 2007). Assim, possibilita melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, contribui para a reciclagem de nutrientes e estabilização do teor de matéria orgânica do solo devido a maior

formação de macroagregados, melhorando a estrutura e evitando a compactação superficial (BITTENCOURT et al., 2009; ALTIERI et al., 2011; LAFAY, 2016). Ainda é possível destacar o menor desgaste de máquinas e implementos, redução da mão de obra, semeadura rápida e nas melhores épocas (GASSEN e GASSEN, 1996).

O SPD busca imitar o que normalmente acontece nos ecossistemas, material orgânico das plantas caem ao solo, são decompostos por macro e microorganismos e acabam por servir de alimento natural para o solo. Os ecossistemas ao serem convertidos em sistemas de cultivos tendem a modificar os teores de matéria orgânica no solo, isso ocorre devido a uma alteração no fluxo de entrada e saída de material orgânico no sistema (LAFAY, 2016). Desta forma, o SPD manejado corretamente busca aportar ao solo quantidades de material orgânico bastante superiores ao observado em sistemas convencionais.

Lino (2010) apresenta que o SPD passou por diferentes fases de implantação nas propriedades rurais ao longo dos anos, desde um baixo crescimento da área plantada e alta instabilidade, passando por um aumento expressivo na área plantada ocasionado pelo apoio das empresas de pesquisa e de assistência técnica, até chegar a uma estabilidade das áreas cultivadas com SPD. No entanto, o SPD inicialmente foi utilizado majoritariamente em grandes áreas de lavoura, somente a partir dos anos 1995 que esse sistema passou a ser implantado em pequenas áreas da agricultura familiar, devido a utilização de maquinarias e tecnologias adaptadas às pequenas áreas.

No ano de 2012, o governo federal lançou o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, que conta com sete programas de tecnologias de mitigação e um de adaptação às mudanças climáticas, onde o SPD passou a formar parte de uma política de estado. A partir disso, desenvolver um manejo sustentável do SPD, além de melhorar os índices de produtividade da lavoura diminuirá o impacto negativo da agricultura nos agroecossistemas.

### 2.3. O CULTIVO E A IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

Oriundo originalmente de uma espécie de teosinte e pertencente à família das Poaceae, o milho passou a ser domesticado pelos indígenas mexicanos a mais de 9.000 anos, na região sul do México, e partir de aí se espalhou por toda América (MATSUOKA et al., 2002). O milho é a cultura mais importante para os povos latino-



americanos, quer seja pelo seu histórico significado cultural, quer seja pela importância na alimentação desses povos.

A produção de milho no Brasil tem grande importância econômica, social cultural e geográfica, sendo uma atividade de grande capilaridade, estando presente em todos os estados brasileiros. A região sul se destaca com a produção oscilando de 44 a 54 % do total do país. Segundo dados do Censo Agropecuário 2006, a agricultura familiar e camponesa é responsável por 46 % do total da produção brasileira de milho.

No Brasil, a cultura do milho continua despertando interesse dos produtores rurais, segundo dados do IBGE, o Brasil passou de 51,3 milhões de toneladas no ciclo agrícola 2009/2010, para 83,7 milhões de toneladas no ciclo agrícola 2017/2018 (IBGE, 2018). A área plantada com a cultura ultrapassou os 16,5 milhões de ha, posicionando o Brasil como o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás somente dos Estados Unidos e China. Atualmente, cerca de 16,1% e 14,3% da área plantada com milho em 1ª e 2ª safra, são realizadas sob SPD, respectivamente (ROSA, 2009).

De acordo com Testa e Silvestro (2010), basicamente três motivos levam os agricultores a plantar milho: a subsistência da própria família, o consumo intermediário e a destinação comercial. Na subsistência o milho participa diretamente na alimentação humana de diversas formas, como milho-verde, pamonha, polenta, canjica, entre muitas outras. O consumo intermediário é caracterizado pela utilização do milho na alimentação animal que, por sua vez também vai integrar a alimentação da família ou constituir excedente comercial com venda de subprodutos ou animais. O cultivo do milho para gerar renda monetária ao estabelecimento familiar pode ocorrer pela comercialização direta ao mercado.

Além da grande importância na produção de grãos e no fortalecimento da balança comercial, o milho tem sido altamente utilizado pelos produtores de gado na elaboração da silagem para a suplementação como alimento volumoso para o trato animal. Outra importância fundamental do milho é a vantagem de deixar uma grande quantidade de restos culturais na área de plantio que, uma vez bem manejados, proporcionam uma série de vantagens ao Sistema de Plantio Direto.

## 2.4. PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE

A utilização de plantas de adubação verde tem sido utilizada pelos agricultores principalmente com a finalidade de incrementar a atividade microbiana do solo, melhorando assim a sua estrutura devido aos produtos intermediários que se formam no transcurso da sua decomposição (MULLER, 2009). Para este autor, são denominados adubos verdes os cultivos de vegetação rápida triturados e as vezes incorporados no mesmo lugar onde têm crescido.

Para Chaves (2002) a adubação verde consiste na prática de se incorporar ao solo massa vegetal não decomposta, de plantas cultivadas no local ou importadas, com a finalidade de preservar e/ou restaurar a produtividade das terras agricultáveis. Desta forma, a adubação verde é uma prática conservacionista que consiste no cultivo de certas espécies de plantas que são incorporadas ou mantidas na superfície do solo, geralmente antes de produzir sementes, com a finalidade de aumentar ou assegurar a capacidade produtiva do solo (SILVA et al., 2014)

Assim, a adubação verde tem sido uma técnica agroecológica altamente difundida, por ajudar a melhorar as condições dos solos, uma vez que os solos brasileiros de modo geral possuem fertilidade natural baixa, sendo normalmente ácidos e pobres em fósforo (COSTA, 1993). Portanto, utilizar adubação verde tornou-se uma prática bastante usual tanto para pequenos, médios e grandes produtores, pois além de auxiliar na melhoria das condições física, química e biológica do solo, reduz custos com a aplicação de fertilizantes químicos, e auxilia no processo de transição agroecológica para aqueles agricultores que estão optando por uma produção de alimentos mais saudáveis respeitando a natureza.

Para Gallandt, Liebman e Huggins (1999) a utilização de culturas de cobertura tem sido uma prática milenária. As culturas de cobertura geralmente são cultivadas durante o período de pousio para reduzir a erosão do solo, conservar a umidade, melhorar o status de nutrientes e gerenciar plantas espontâneas, além de fornecer biomassa.

Embora tenham uma série de benefícios para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, as plantas de adubação verde podem apresentar algumas características alelopáticas que podem retardar ou melhorar o desenvolvimento de algumas plantas espontâneas e plantas de interesse comercial.

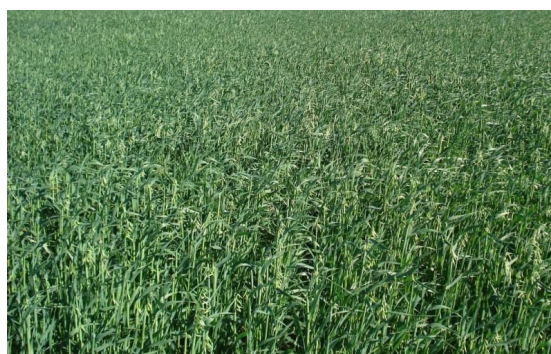
Estudos realizados sobre o potencial alelopático das plantas de adubação

verde demonstraram, por exemplo, que alguns genótipos de aveia possuem a capacidade de exsudar escopoletina, esse metabólito secundário é da classe das cumarinas e tem efeito inibidor do crescimento radicular das plantas (DUCCA; ZONETTI, 2008; MONTEIRO; VIEIRA, 2002). Moraes et al., (2012), ao avaliarem o potencial alelopático de diversas espécies de plantas de cobertura do solo, identificou que o nabo-forrageiro reduziu em 68 % o IVG de plântulas de *Bidens pilosa*. Estes e outros tantos estudos demonstram a capacidade das plantas de adubação verde em influenciar no desenvolvimento inicial de outras plantas por meio do processo de alelopatia.

#### 2.4.1. AVEIA PRETA (*Avena strigosa* Schreb)

A aveia preta (*Avena strigosa*) pertencente à família Poaceae, é uma planta cespitosa, com colmos cilíndricos, eretos e glabros ou pouco pilosos, e raiz fasciculada ou em cabeleira. Apresentam inflorescência em panícula com glumas aristadas, e o grão é uma cariopse indeiscente encoberto pela lema e pálea.

Fotografia 1. Campo coberto com aveia preta.



Fonte: COOPERBOA, (2015)

A aveia preta tem sido uma espécie bastante utilizada na região sul do país, devido principalmente a sua boa adaptabilidade ao solo e as condições climáticas da região e por apresentar grande rendimento de matéria verde e seca e resistência a doenças e ao pisoteio. A produção de grãos, no entanto, é reduzida e não apresenta qualidade industrial devido à coloração escura, menor tamanho e baixo rendimento (SÁ, 1995).

Na maioria das regiões do Paraná é aconselhada a semeadura a partir de março, podendo estender-se até maio, exceto nas regiões Sul e Centro-Sul, que se estende até junho (CALEGARI et al. 1993). A semeadura pode ser realizada a lanço ou em linhas, sendo necessário em torno de 60 e 70 kg de sementes/ha<sup>-1</sup> para a semeadura em linhas, com espaçamento de 20 cm entre linha. Na semeadura a lanço é recomendado 30 a 50 % a mais de sementes.

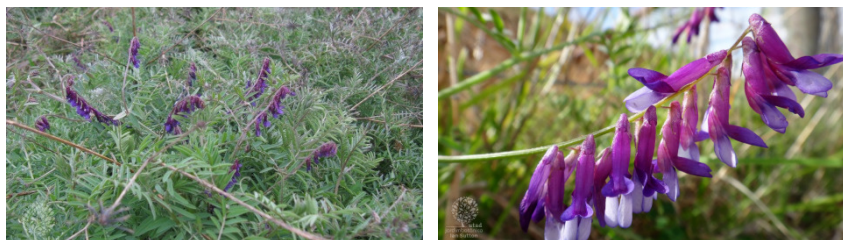
Quando manejada para a produção de palha com a finalidade de cobertura do solo, a aveia preta pode produzir entre 15 a 45 ton/ha<sup>-1</sup> de massa verde, podendo ser manejada com rolo faca ou roçadeira. Esse procedimento deve ser realizado na fase de grão leitoso, que ocorre entre 120 e 140 dias.

Estudos avaliando o efeito do exsudato radicular e do extrato aquoso de plantas de aveia apresentaram fitotoxicidade sobre plântulas de soja, milho e sobre plantas espontâneas (DUCCA E ZONETTI, 2008; TOKURA E NOBRAGA, 2005; HAGEMANN et al., 2010) Alguns genótipos de aveia apresentam compostos aleloquímicos relacionados à exsudação radicular e à decomposição da palhada. A escopoletina é o principal composto aleloquímico encontrado na exsudação radicular de genótipos de aveia, no entanto, outros compostos como cumarina, ácido *p*-hidroxibenzóico e ácido vanílico também foram encontrados no exsudato radicular (JACOBI E FLECK, 2000; PEREZ E NUÑEZ, 1991).

#### 2.4.2. ERVILHACA-PELUDA (*Vicia villosa* Roth)

A ervilhaca peluda, também conhecida como vica, é uma planta da família das Fabaceae. É uma planta mais ou menos pilosa, de talos trepadores, que podem alcançar mais de 1 metro de comprimento; folhas ramificadas com um número variável de folíolos (geralmente 8 a 10 pares); estípulas muito pequenas; inflorescências com inúmeras flores dispostas em um só lado, de coloração mais ou menos violácea; vagens com 3 cm de comprimento, achatadas, lisas, de cor escura ou preta (pilosas ou às vezes lisa), arredondadas com 3,5 a 4 mm de diâmetro.

Por ser uma espécie com rápido crescimento e grande produção de matéria verde, a ervilhaca peluda gera grande competição com invasoras, tornando essa planta muito eficiente na cobertura do solo, além de deixar um importante efeito residual para as culturas posteriores, a ervilhaca peluda têm sido uma planta bastante utilizada pelos agricultores como planta de cobertura do solo.

Fotografia 2. *Vicia villosa* Roth

Fonte: JBUTAD, (2018)

Com uma produção média de 25,5 toneladas/ha<sup>-1</sup> de massa verde, a ervilhaca-peluda pode ser semeada a lanço ou em linha, sendo em linha necessários entre 50 e 60 kg de sementes por hectare, com espaçamento de 20 cm entre linhas. Sendo feito o manejo com rolo faca ou com roçadeira na fase de pleno florescimento que ocorre em torno de 130 e 180 dias a partir da semeadura, a qual deve ser realizada preferencialmente no mês de março, podendo ser estendida até maio.

A ervilhaca peluda é planta rústica e por ser uma planta com rápida cobertura do solo possui grande capacidade no controle de plantas espontâneas, tanto pelo efeito supressivo de sua palhada como pelos efeitos alelopáticos da planta através da decomposição da palhada ou da exsudação radicular.

#### 2.4.3. NABO FORRAGEIRO (*Raphanus sativus* L.)

Pertencente à família das Brassicaceae, o nabo forrageiro é uma planta herbácea, ereta, muito ramificada, dotada de pelos ásperos, raiz pivotante profunda, às vezes tuberosa; mede 100 a 180 cm de altura, reproduzindo-se por sementes; folhas alternas, as basais profundamente pinatipartidas, com 12 a 15 cm de comprimento, com um longo lobo terminal e as superiores caulinares alternas, liradas, com lobos arredondados; inflorescências terminais, em racemos longos, com flores predominantemente brancas, às vezes roxas, ou brancas com matrizes roxos ou lilases. Frutos em síliquas indeiscentes, de 3 a 5 cm de comprimento, com 2 a 10 sementes de coloração marrom-clara até avermelhada, envolta em abundante tecido parenquimático.

Fotografia 3. a) Cultivo de nabo forrageiro em campo amostral de plantas de adubação verde (Saudades do Iguaçu, 2017). b) Frutos em forma de síliquas.



Fonte: Do autor, (2018); UNILAB, (2018)

*Raphanus sativus* L. é uma planta alógama, de longo período de floração (mais de um mês), bastante útil à criação de abelhas (melífera) e como cobertura verde, pelo seu rápido crescimento inicial, cobrindo o solo entre 30 e 60 dias. Além disso, a espécie apresenta elevada capacidade de reciclar nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, além de apresentar desenvolvimento razoável em solos com problemas de acidez.

Calegari et al. (1993) recomendam a semeadura de nabo forrageiro entre os meses de março a junho, podendo ser feita a lanço ou em linhas, com espaçamento de 20 cm entre linhas. A quantidade de sementes recomendada para a produção de biomassa é de 20 kg de sementes/ha<sup>-1</sup>. Sendo o manejo realizado aproximadamente aos 120 dias, período de pleno florescimento, podendo alcançar uma produtividade entre 20 e 60 ton/ha<sup>-1</sup> de massa seca.

## 2.5. PLANTAS ESPONTÂNEAS

As plantas espontâneas tem sido motivo de muitos estudos nos últimos anos, devido a dificuldade de seu controle em lugares onde se cultiva outras plantas com finalidade comercial ou para o sustento familiar. Deuber (1992) coloca que as plantas espontâneas ao longo da história sempre apresentaram um verdadeiro fardo e causa de muitas fadigas na luta pelo sustento da humanidade devido ao seu difícil controle em áreas de cultivo.

As plantas espontâneas apresentam diversas sinonímias nas diferentes regiões do Brasil, como: plantas daninhas, plantas infestantes, silvestres, mato, inço, entre tantas outras formas. Esse termo também gera discordância entre os

pesquisadores e técnicos que trabalham com essas espécies. Pitelli utiliza o termo planta daninha para designar as plantas que ocorrem em locais ou situações onde são indesejadas. Lorenzi (2008) em sua obra *Plantas Daninhas do Brasil* traz diversas diferenciações relacionadas a esse termo, onde são cunhados os termos “plantas cultivadas” para designar àquelas plantas de espécies normalmente semeadas ou plantadas pelo homem e “plantas silvestres” que correspondem às espécies de plantas que emergem e se reproduzem espontaneamente e não são cultivadas pelo homem.

Dentre os termos supracitados, “plantas daninhas” têm sido o mais utilizado entre agricultores e pesquisadores, no entanto, este termo tem sido considerado inadequado para a agricultura orgânica e/ou agroecológica, pois leva em conta apenas os efeitos negativos que as plantas causam sobre a produção agrícola, ignorando os seus efeitos positivos. Pereira e Melo (2008), utilizam o termo plantas espontâneas, para identificar àquelas espécies de plantas que se originam na área de cultivo, podendo ser espécies nativas ou exóticas já estabelecidas. As espécies nativas referem-se àquelas que se apresentam naturalmente na região, originárias da própria área, ao passo que espécies exóticas são as espécies introduzidas na região, que não são nativas ou originárias da própria área.

Para Barbieri, (2002) as plantas espontâneas tem sido uma das principais causas da não adoção da agroecologia pelos agricultores em áreas de cultivo, devido a sua dificuldade de controle. Com isso, a maioria dos agricultores seguem optando pelo uso de agrotóxicos para o controle dessas plantas, dificultando a adoção da agroecologia.

Outro fator que tem dificultado bastante nesse processo de conversão para um modelo agroecológico é o fato de o Brasil ter passado de um modelo de agricultura baseado na enxada e roçadas conhecido como um modelo de agricultura tradicional para um processo de uso de herbicidas sintéticos e com a disponibilização de tecnologias ditas modernas para o agricultor. Em diversos países, no entanto, foram adotadas técnicas de manejo que possibilitam o controle físico das plantas espontâneas através do uso de equipamentos apropriados para essa atividade, diminuindo a dependência do uso de herbicidas (PAULUS, MULLER e BARCELLOS, 2000).

Embora a ocorrência de plantas espontâneas em áreas de cultivo seja prejudicial para o sucesso da produção, estudos relacionados ao controle natural de plantas espontâneas a partir da utilização de plantas de cobertura verde, tem-se demonstrado muito efetivo, seja pelo efeito supressivo que as plantas de cobertura exercem sobre as plantas espontâneas, ou pela disseminação de metabólitos secundários através da exsudação de suas raízes ou no processo de decomposição da fitomassa das plantas de cobertura.

### 2.5.1. Caruru de Espinho (*Amaranthus spinosus* L.)

Pertencente à família Amaranthaceae, o caruru de espinho é uma planta anual, herbácea, ereta, espinhenta, muito ramificada, de 50 a 100 cm de altura, originária da América Tropical e disseminada em mais de 40 países. Apresenta coloração verde ou avermelhada. Folhas simples, com pecíolo em igual cor, limbo lanceolado com margem levemente ondulada ou inteira e com pequena ponta no ápice. Inserem-se no caule alternadamente, onde aparecem 2 espinhos em cada axila de folha. Inflorescência axilar e terminal do tipo espiga de glomérulos, com eixo principal avermelhado. As flores são de sexo separado, ficando as masculinas nas pontas das inflorescências e as femininas na base. Tanto as masculinas como as femininas são rodeadas por brácteas e 5 pétalas de coloração amarelada ou esverdeada, ou até em tons róseos, as quais substituem o cálice e a corola de cada flor. Fruto seco indeiscente. Propaga-se por meio de sementes (MOREIRA E BRAGANÇA, 2011).

Trata-se de uma planta espontânea amplamente disseminada por todo o território brasileiro, ocorrendo em áreas de pastagens próximas a estábulos e currais, em jardins, lavouras perenes e eventualmente em culturas anuais. Devido ao seu caráter espinhento, é bastante indesejável nas lavouras em geral e pode ser confundido com *Amaranthus palmeri*. Altamente prolífica, uma única planta é capaz de produzir até 235 mil sementes que permanecem dormentes no solo por anos (LORENZI, 2008).



Fotografia 4. a) Área de lavoura infestada com caruru de espinho no município de São Miguel do Oeste - SC. b) Formação de sementes de *A. spinosus*.



Fonte: Do autor (2018); MOREIRA E BRAGANÇA (2011)

O caruru de espinho, segundo conhecimentos populares, é uma planta indicadora de solo com alta quantidade de matéria orgânica, comumente encontrada em áreas com bastante concentração de esterco animal. Desta forma, em áreas onde se pratica a adubação com esterco animal, estará sujeita à presença de plantas de caruru de espinho.

#### 2.5.2. Corda de Viola (*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donell)

A corda de viola ou também conhecida como campinha ou jitirana em algumas partes do Brasil, é uma planta perene, trepadeira, herbácea, pertencente a família Convolvulaceae, Possui folhas simples, alternadas, pecioladas, com o limbo irregular, inflorescência axilar, com a formação de uma a oito flores curto-pediceladas. As flores possuem 5 sépalas membranáceas, ovalado-elípticas, agudas, e duas séries. Os frutos são cápsulas septíferas esféricas, possuem de 6-8 mm de diâmetro, de cor castanho-clara na maturação. As folhas são trilobadas, com 6 cm de largura. Seu comprimento pode variar de 1-3 m de altura (ALVES, 2015).

As sementes de corda de viola apresentam pronta viabilidade após a maturação fisiológica, devido a isso torna-se uma planta espontânea bastante invasora em áreas agrícolas. Por preferir solos modificados, como os agrícolas, a corda de viola se desenvolve facilmente em áreas cultivadas.

**Fotografia 5.** Área de cultivo de milho infestada com *I. grandifolia* no município de Marmeleiro – PR. Sementes de *I. grandifolia* em estágio de maturação fisiológica.



Fonte: do autor (2018).

É particularmente indesejada nas áreas de cultivo devido a dificuldade de acesso á lavoura tanto na colheita manual praticada pelos pequenos agricultores como na colheita mecanizada, levando a ocorrência de grandes problemas com as máquinas colheitadeiras, além de manter o solo bastante úmido nas áreas de cultivo, propiciando o aparecimento de doenças fúngicas.

## REFERENCIAS

ALMEIDA, F.S. **Alelopatia: a defesa das plantas**. Ciência hoje, 11:38-45, 1990.

ALVES, G. ***Ipomoea grandifolia***. Defesavegetal.net. [2015]. Disponível em: <http://www.defesavegetal.net/iaqgr>. Acessado em: 15 de janeiro de 2018.

ALTIERI, M. A.; LANA, M. A.; BITTENCOURT, H.V.; KIELING, A.S.; COMIN, J. J.; LOVATO, P. E. **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, 2011.

ANVISA. **Mercado e Regulação de Agrotóxicos**. Consea – PR, Curitiba, 2012. Disponível em: <[http://www.consea.pr.gov.br/arquivos/File/ANEXO4\\_AGROTOXICOSCONSEAPR.pdf](http://www.consea.pr.gov.br/arquivos/File/ANEXO4_AGROTOXICOSCONSEAPR.pdf)>. Acesso em: 6 nov. 2016.

BITTENCOURT, H. V. H.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J.; LANA, M. A.; ALTIERI, M. A. **Produtividade de feijão- feijão - guará e efeito supressivo de culturas de cobertura de inverno em espontâneas de verão**. n. 1997, p. 689–694, 2009.

BITTENCOURT, H. V. H. **Ecologia da germinação e potencial alelopático de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees)**. Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2017.

CALEGARI, A. COSTA, M. BALTASAR B. DA. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 346 p. 1993.

CAPRA, F. **O Tao da física - Uma exploração dos paralelos entre a física moderna e o misticismo oriental**. Ed. Cultrix, 376 p. 28 edição, São Paulo, 2011.

CARDOSO, F. P. **Plantio Direto na Palha, o estado de arte de uma tecnologia de ponta**. Setembro, 1998.

CARNEIRO, F. F. **Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. 2. ed. São Paulo, SP.: Editora Expressão Popular, 2015.

CARVALHO, W. P. **Plantas de cobertura no controle de infestantes no sistema orgânico de produção**. UFLA, 2012, 184 p. Tese (doutorado). Pós graduação em Agronomia/Fitotecnia, Lavras-MG, 2012

CASÃO JR, R.; ARAUJO, A. G.; LLANILO, R. F. **Plantio direto no Sul do Brasil: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina : IAPAR, 2012. 77 p.

CASTRO, P.R.C.; RODRIGUES, J.D.; MORAES, M.A. & CARVALHO, V.L.M. **Efeitos alelopáticos de alguns extratos vegetais na germinação do tomateiro**

(*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Santa Cruz). Planta Daninha, 6:79-85, 1983.

CHAVES, J. C. D. **Manejo do Solo: Adubação e calagem, antes e após a implantação da lavoura cafeeira.** -. 36 p. Il. (IAPAR. Circular, 120) ISSN: 0100-3356. Londrina : IAPAR, 2002.

CONAB. **CONAB - Série Histórica de Área Plantada, 2016.** Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos)>.

CONSTANTINO, M. G. **Química Orgânica**, Volume 3 : curso básico universitário – [Reimpr.]. – Rio de Janeiro : LTC, 2012.

COOPERBOA, **Sementes de aveia – IAPAR 61.** Campos Novos, 2015. Disponível em: [http://www.coperboa.com.br/sementes\\_selecionado.php?id\\_produto=21](http://www.coperboa.com.br/sementes_selecionado.php?id_produto=21). Acesso em: 25 de junho de 2018.

COSTA, B. B. **Adubação verde no sul do Brasil** – 2 ed. – Rio de Janeiro: AS-PTA,. 346 p. 1993.

DEUBER, R. **Ciência das Plantas Daninhas: Fundamentos.** Jaboticabal:FUNEP. P. 431. 1992.

DUCCA, F.; ZONETTI, P. C. **Efeito alelopático do extrato aquoso de aveia preta (*avena strigosa schreb.*) na germinação e desenvolvimento de soja (*glycine max I. merrill*).** RAMA, Revista em Agronegocio e Meio Ambiente, v. 1, p. 101-109, jan.-abril 2008.

FARIA, T. M.; GOMES JÚNIOR, F. G.; SÁ, M. E.; CASSIOLATO, A. M. R. **Efeitos alelopáticos de extratos vegetais na germinação, colonização micorrízica e crescimento inicial de milho, soja e feijão.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 6, p. 1625-1633, 2009.

GALLANDT, E. R.; LIEBMAN, M.; HUGGINS, D. R. **Improving the soil quality: Implications for weed management.** *Journal of Crop Production.* 2(3); 95-122. 1999.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio Direto O caminho do futuro.** Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

HICKS, S.K.; WENDT, C.W.; GANNAWAY, J.R.& BAKER, R.B. **Allelopathic effects of wheat straw on cotton germination, emergence and yield.** *CropScience*, 29:1057-1061, 1989.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras.** Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Sistema IBGE de Recuperação automática – SIDRA, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588>. Acesso em: 28/05/2018.

*Ipomoea* in **Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de

Janeiro. Acesso em: 15 Jan. de 2018. Disponível em:  
<<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB17000>>.

JACOBI, U. S.; FLECK, N. G. **Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.35, n1, p.11-19, janeiro 2000.

JBUTAD, Jardim Botânico Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. **Vicia villosa Roth.** Vila Real, Portugal, 2018. Acesso em: 21 de Julho de 2018. Disponível em: [https://jb.utad.pt/especie/Vicia\\_villosa](https://jb.utad.pt/especie/Vicia_villosa).

LAFAY, C. B. B. **Caracterização quantitativa e qualitativa da matéria orgânica do solo em plantio direto.** 2016. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

LI, Z-H; WANG, Q.; RUAN, X.; PAN, C. D., JIANG, D. A. **Phenolics and plant allelopathy.** Molecules, 15, 8933-8952; doi:10.3390/molecules15128933. 2010.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas.** 640 p. ISBN 9788586714276. 4. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008.

MACHADO, L. A. Z. **Aveia: Forragem e Cobertura do Solo.** Coleção: Sistema Plantio Direto, EMBRAPA Agropecuaria Oeste, Dourados, MS., p. 16, 2000.

MACIEL, A. D.; ARF, O.; SILVA, M. G.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ANDRADE, J. A. C.; SOBRINHO, E. B. **Comportamento do milho consorciado com feijão em sistema de plantio direto.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 26, n. 3, p.309-314, 2004.

MARTIN, V.L.; MCCOY, E.L. & DICK, W.A. **Allelopathy of crop residues influences corn seed germination and early growth.** Agronomy Journal, 82: 555-560, 1990.

MATSUOKA, Y.; VIGOUROUX, Y.; GOODMAN, M.M.; SANCHEZ, J. G.; BUCKLER, E.; DOEBLEY, J.. **A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping.** Biological Sciences – Evolution. PNAS. PDF. p. 6080 – 6084, 2002. Acesso em: 17 de Fevereiro de 2017. Disponível em: <http://www.pnas.org/content/99/9/6080.full.pdf>.

MILLER, D.A., **Allelopathy in forage crop systems.** Agron J, 88:854-859, 1996.

MOLISCH, H. Der **Einflusseiner Pflanzeauf die andereAllelopathie.** Jena, Fischer. 1937.

MONTEIRO, C. A.; VIEIRA, E. L. **Substâncias Alelopáticas.** In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. Introdução à Fisiologia do Desenvolvimento Vegetal. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2002. p. 105-122.

MORAES, P. V. D. et al. **Potencial alelopático de extratos aquosos de culturas**

- de cobertura de solo na germinação e desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa*.** Semina: Ciências Agrárias, v. 33, p. 1299–1314, 2012.
- MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes: hortifrúti.** São Paulo: FMC Agricultural Products, 2011.
- MUNARINI, A. **Avaliação de híbridos intervarietais de milho em sistemas de produção camponesa de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2013.
- NELSON, E.B. **Exudate molecules initiating fungal responses to seeds and roots.** Plant and Soil 129: 61-73. 1990.
- NIEDERLE, P. A.; ALMEIDA, L.; VEZZANI, F. M. **Agroecologia: práticas, mercados e políticas para uma nova agricultura.** Curitiba: Kairós, 2013. 393p.
- OLIVEIRA, A. K. M.; PEREIRA, K. C. L.; MULLER, J. A.; MATIAS, R. **Análise fitoquímica e potencial alelopático das cascas de *Pouteria ramiflora* na germinação de alface.** Horticultura Brasileira, v. 32, p. 41-47, 2014.
- PAULUS, G.; MULLER, A. M.; BARCELLOS, L. A. R. **Agroecologia aplicada: praticas e métodos para uma agricultura de base ecológica.** Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. p. 86.
- PEREIRA, W. MELO, W. F. **Manejo de Plantas Espontâneas no Sistema de Produção Orgânica de Hortaliças.** Circular Técnica 62, Embrapa Hortaliças. Brasília – DF, julho , 2008.
- PEREZ, F. J.; NUÑEZ, J. O. **Root exudates of wild oats: allelopathic effect on spring wheat.** Phytochemistry, Vol. 30, No. 7, pp. 2199-2202, 1991.
- PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R., **Alelopatia.** In OLIVEIRA Jr. R.S (Eds.), *Biologia e manejo de plantas daninhas*.p.95-124, 2011, Disponível em <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-cap5.pdf>> Acesso em 10 de fevereiro de 2017.
- PITELLI, R. A. **O termo Planta-Daninha.** Revista Planta Daninha, Viçosa – MG, v.33, n. 3, 2015.
- PUTNAM, A.R. **Weed allelopathy.** In: DUKE, S.O. (ed.) *Weed physiology: reproduction and ecophysiology.* Boca Raton, EUA: CRC press, 1985, p. 131-155.
- SALTON, J. C. HERNANI, L. C. FONTES, CLARICE ZANONI. **Sistema Plantio Direto. O produtor pergunta, a Embrapa responde** – Brasília : Embrapa-SPI; Dourados : Embrapa-CPAO, 1998.
- SZCZEPANSKI, A.J. **Allelopathy as a means of biological control of water weeds.** Aquaticbot, 3:193-197, 1977.
- RICE, E.L. **Allelopathy.** 2.ed. New York: Academic, 1984. 422p.

SÁ, J. P. G. **Utilização da aveia na alimentação animal**. IAPAR, Londrina, 1995.

SILVA, A. A. S. et al. **Adubação verde: um passo para uma agricultura sustentável**. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH), v. Circular T, p. 33–37, 2014.

SINDIVEG, Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. **Importações de Defensivos Agrícolas têm aumento no primeiro semestre de 2016**. Ed. 15, Agosto, 2016. Disponível no site: <http://sindiveg.org.br/importacoes-de-defensivos-agricolas-tem-aumento-no-primeiro-semester-de-2016/>. Acessado em: 13 de Agosto de 2018.

SINGH, H. P. BATISH, D. R. KOHLI, R. K. **Allelopathy in Agroecosystems: An Overview**. Article in journal of Croup Production. DOI: 10.1300/J144v04n02\_01. Disponível no site: [https://www.researchgate.net/publication/261580951\\_Allelopathy\\_in\\_Agroecosystems](https://www.researchgate.net/publication/261580951_Allelopathy_in_Agroecosystems). Acessado em 03 de novembro de 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 .ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.

TESTA, V.M.; SILVESTRO, M.L. **Situação e perspectivas socioeconômicas para o milho**. In: João Américo Wordell Filho e Haroldo Tavares Elias. (Org.). A cultura do milho em Santa Catarina. 1 ed. Florianópolis: Epagri, v. 1, p. 7-45. 2010.

UNILAB, Laboratório de Sementes. **Nabo Forrageiro**. Passo Fundo, RS. 2018. Acesso em: 21 de Julho de 2018. Disponível em: <http://www.unilabsementes.com.br/conteudo/155/nabo-forrageiro-rabanete-forrageiro>.

## CAPÍTULO II

INFLUENCIA DO EXSUDATO  
RADICULAR DE PLANTAS DE  
ADUBAÇÃO VERDE NA GERMINAÇÃO  
E NO CRESCIMENTO DE *Amaranthus  
spinosus* L., *Ipomoea grandifolia*  
(DAMMER) O'DONNELL. E *Zea mays* L.



### 3. INFLUENCIA DO EXSUDATO RADICULAR DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO DE *Amaranthus spinosus* L., *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell. E *Zea mays* L.

**Resumo:** O uso de plantas de adubação verde representa uma técnica para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. No processo de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, essas plantas liberam no solo compostos capazes de interferir positiva ou negativamente na germinação e desenvolvimento de plantas espontâneas e cultivadas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial alelopático do exsudato radicular das plantas de adubação verde: nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), aveia preta (*Avena strigosa*) e ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) na germinação e no desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) cv. PRE 22D11, caruru de espinho (*Amaranthus spinosus* L.) e corda de viola (*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell). O trabalho foi realizado nos laboratórios de fisiologia vegetal, germinação e central de análises da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul, PR. As sementes das plantas de adubação verde foram acomodadas em papel germitest umedecido com 2,5 vezes a massa do papel com água destilada. Após a protrusão radicular, 200 plântulas foram colocadas em novo papel germitest, sendo incubadas por 13 dias em câmara de germinação a 20 °C. Após esse período, as plântulas foram retiradas do papel germitest e, no mesmo papel, realizou-se os testes de crescimento de plântulas, germinação e índice de velocidade de germinação (IVG). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x4, sendo 3 espécies alvo e 4 espécies doadoras: exsudato de raiz de *R. sativus*, *A. strigosa*, *V. villosa* e testemunha (sem exsudato de raiz). O exsudato radicular do nabo forrageiro apresentou efeitos estimulatórios sobre a germinação, vigor e matéria seca do milho, inibiu a germinação, vigor e crescimento do caruru de espinho e corda de viola, favorecendo a protrusão radicular da última. A aveia preta foi a planta que apresentou maiores reduções no processo de germinação, vigor e matéria seca do milho, além de afetar a germinação e o vigor do caruru e da corda de viola, a qual teve a porcentagem de protrusão radicular beneficiada. O exsudato radicular da ervilhaca peluda atuou negativamente no processo de germinação, vigor e matéria seca do milho, além de apresentar efeito negativo na germinação e vigor do caruru de espinho, aumentando a protrusão radicular da corda de viola. Os compostos encontrados nos exsudatos radiculares das plantas de adubação verde são basicamente aminoácidos presentes no metabolismo secundário das plantas, originados do processo de germinação e degradação das sementes.

**Palavras-chave:** Agroecologia. Alelopatia. Caruru de espinho. Corda de viola. Milho.

**Abstract:** The use of cover crops represents a technique to increase the sustainability of agricultural systems. In the process of growth and development of the root system, these plants release into the soil compounds capable of interfering positively or negatively in the germination and development of spontaneous and cultivated plants. The objective of this work was to evaluate the allelopathic potential of root exudates of green manure plants: forage turnip (*Raphanus sativus*), black oats (*Avena strigosa*) and hairy vetch (*Vicia villosa*) on germination and development of maize (*Zea mays* L.) cv. PRE 22D11, spiny amaranth (*Amaranthus spinosus* L.) and morning glory (*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell). The work was carried out in the laboratories of plant physiology, germination and analysis center of the Federal University of Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul, PR. The seeds of the green manure plants were accommodated in germitest paper moistened with 2.5 times the mass of the paper with distilled water. After root protrusion, 200 seedlings were placed in a new germitest paper and incubated for 13 days in a germination chamber at 20 °C. After this period, the seedlings were removed from the germitest paper and, on the same paper, seedling growth, germination and germination rate index (GRI) tests were performed. The experimental design was completely randomized, in a 3x4 factorial scheme, with 3 target species and 4 donor species: *R. sativus*, *A. strigosa*, *V. villosa* and control (no root exudates) root exudates. The radicular exudate of the forage turnip presented stimulatory effects on the germination, vigor and dry matter of the maize, inhibited the germination, vigor and growth of the spiny amaranth and morning glory, favoring the root protrusion of the latter. The black oat was the plant that presented the greatest reduction in the germination, vigor and dry matter of the maize, besides affecting the germination and vigor of the spiny amaranth and the morning glory, which had the percentage of radicular protrusion benefited. The root exudate of the hairy vetch negatively affected the germination, vigor and dry matter of the maize, and also had a negative effect on the germination and vigor of the spiny amaranth, increasing the radicular protrusion of the morning glory. The compounds found in root exudates of green manuring plants are basically amino acids present in the secondary metabolism of plants, originating from the process of germination and seed degradation.

**Keywords:** Agroecology. Allelopathy. Spiny amaranth. Morning glory. Maize.

### 3.1. INTRODUÇÃO

O uso de plantas de adubação verde representa uma alternativa importante para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, aumentando os teores de matéria orgânica e proporcionando melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. No entanto, no processo de desenvolvimento do sistema radicular, essas plantas podem liberar no solo compostos químicos capazes de interferir positiva ou negativamente na germinação e desenvolvimento da cultura utilizada em sucessão.

O efeito inibitório ou benéfico, direto ou indireto, de uma planta sobre outra, via produção de compostos químicos que são liberados no ambiente é denominado alelopatia (RICE, 1984). Esse termo foi cunhado por Hans Molish (1856-1937) após estudar durante vários anos as interações entre espécies vegetais (NARWAL, 2001). Desta forma, a todo o momento, durante o desenvolvimento vegetal as plantas liberam, de diferentes formas, compostos químicos, que modificam o crescimento e o desenvolvimento de outros organismos que estejam na rizosfera (RICE, 1984).

A exsudação radicular é uma forma de liberação de substâncias no solo que merece destaque, compostos como: mucilagens, aminoácidos, açúcares, fenóis e ácidos orgânicos são amplamente liberados pelo sistema radicular, sendo a natureza e a quantidade dos compostos liberados variáveis entre as espécies e as condições climáticas em que as plantas se encontram (ALVES, 2009). Além disso, as raízes são constituídas por uma série de compostos orgânicos que ao se decomporem podem atuar como aleloquímicos. Todavia não existe uma relação direta entre os compostos constituintes da estrutura radicular e aqueles liberados pela exsudação (WU *et al.*, 2001).

Assim, embora as plantas de cobertura utilizadas como adubo verde possam promover melhorias físicas, químicas e biológicas no solo, bem como, atuar como uma barreira física para as plantas invasoras (FONTANÉTTI *et al.*, 2004), estas também podem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento de espécies de plantas cultivadas e espontâneas por meio da liberação de compostos do metabolismo secundário no solo. A atividade dos aleloquímicos tem sido usada como alternativa ao uso de herbicidas, inseticidas e nematicidas (FERREIRA e AQUILA, 2000).

Bortolini e Fortes (2005) constataram a interferência dos exsudatos radiculares de diversas plantas de adubação verde, entre elas, *Vicia villosa* e *Avena strigosa* sobre a porcentagem de germinação das sementes de *Glycine max*, porém não foram verificados efeitos prejudiciais sobre o tempo médio e velocidade de germinação das sementes, exceção para aveia preta, que diminuiu esses índices.

Gomes et al. (2014) evidenciaram que o *Sorghum bicolor* libera aleloquímicos tanto pela decomposição da matéria verde quanto pela exsudação radicular, os autores indicaram seu uso como adubo verde pelo potencial de supressão de plantas espontâneas, mostrando resultado para amendoim bravo, corda de viola e capim carrapicho.

A fitotoxicidade de exsudatos radiculares sobre outras plantas é atribuída à diversidade de aleloquímicos, originados do metabolismo secundário dos vegetais, presentes em sua composição. Dentre as diversas classes de compostos químicos produzidos por plantas que apresentam fitotoxicidade, uma das mais estudadas é a dos compostos fenólicos (INDERJIT, 1996). Estes compostos constituem um grupo quimicamente heterogêneo com variados tamanhos de moléculas e complexidade (TAIZ e ZEIGER, 2013). Assim, a identificação e a quantificação dos aleloquímicos presentes nos exsudatos radiculares de plantas de adubação verde são aspectos de grande importância na pesquisa, permitindo inferir as causas dos efeitos morfológicos e fisiológicos desses compostos nos vegetais que crescem na sua presença.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial alelopático do exsudato radicular das plantas de adubação verde: nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), aveia preta (*Avena strigosa*) e ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) na germinação e no desenvolvimento do milho (*Zea mays* L. cv. PRE 22D11), caruru de espinho (*Amaranthus spinosus* L.) e corda de viola (*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell), além de identificar os compostos aleloquímicos presentes no exsudato radicular das plantas de adubação verde (PAV).

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados nos laboratórios de Fisiologia Vegetal, Germinação e Crescimento de Plantas e Central de Análises da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, durante o período de março de

2017 a fevereiro de 2018. Foram utilizadas sementes tratadas de milho híbrido convencional da cultivar 22D11 da Sempre Sementes, doadas pela Cooperativa Oestebio, e as sementes de adubação verde *R. sativus*, *A. strigosa* e *V. villosa* foram obtidas no comércio local da cidade de Laranjeiras do Sul.

As sementes das plantas espontâneas foram coletadas após atingir a maturidade fisiológica no mês de junho de 2017, sendo as sementes de caruru de espinho coletadas no município de São Miguel do Oeste – SC situado nas coordenadas geográficas (26°40'47.1"S 53°31'21.5"W) e as sementes de corda de viola foram coletadas no município de Marmeleiro – PR (26°13'28.0"S 53°08'09.6"W).

Após a coleta, as sementes passaram pelo soprador de sementes para remoção de impurezas e sementes danificadas e foram submetidas aos testes de umidade por meio do método padrão de estufa a 105 °C e de germinação por meio do teste padrão de germinação, ambos descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As sementes de corda de viola passaram por processo de quebra de dormência pelo método de escarificação e as sementes de adubação verde foram esterilizadas com hipoclorito de sódio a 2,5% durante dois minutos.

O delineamento experimental utilizado para todas as espécies foi em blocos inteiramente casualizados, tendo como espécies alvo: milho, caruru de espinho e corda de viola, e quatro tratamentos: testemunha, nabo forrageiro, aveia preta e ervilhaca peluda.

### **3.2.1. Identificação dos compostos**

Sementes das Plantas de Adubação Verde foram primeiramente desinfetadas com hipoclorito de sódio a 2,5% durante dois minutos e posteriormente lavadas em água destilada por duas vezes. Após esse processo foram dispostas entre papel germitest umedecidos com água destilada em volume equivalente a 2,5 vezes a sua massa e levados para câmara de germinação do tipo Mangelsdorf marca Tecnal modelo TE-405, onde permaneceram a temperatura de 20°C até obter tamanho de raiz de 5 cm  $\pm$  0,5.

As plântulas foram retiradas do papel germitest e, em seguida, o papel

germitest contendo os exsudatos radiculares das plântulas foi lavado com água destilada por duas vezes, sendo este comprimido para retirar todo o líquido presente no mesmo ([Fotografias 25 e 26](#)). O líquido foi coletado, congelado e levado para o liofilizador modelo L101 da Liotop, onde permaneceu por 48 horas até a secagem total do material. Ao sólido resultante desse processo foram adicionados 5 mL de metanol para a dissolução do material, sendo este considerado o extrato metanólico.

A identificação dos compostos fenólicos seguiu a metodologia utilizada por Dias, (2010) adaptada. A análise dos extratos foi realizada por meio de cromatógrafo gasoso com detector de massa modelo GC-2010 plus, marca Shimadzu ([Fotografia 15](#)). O equipamento foi ajustado com injetor em 300°C no modo split less e interface do espectrômetro de massa a 280°C com a fonte de íons a 260°C. O programa de temperatura do forno foi com temperatura inicial de 80°C mantida por um minuto, aumentada a 250°C a uma taxa de 15°C por minuto, permanecendo por um minuto, aumentada a 300°C a uma taxa de 4°C por minuto, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos, totalizando um tempo de análise de 30,83 minutos. O espectrômetro de massa foi ajustado para varredura em massas entre 50 e 800 ua.

A derivatização da amostra foi realizada transferindo 0,25 mL do extrato metanólico obtido anteriormente para um vial, sendo este seco por um fluxo constante de nitrogênio, restando apenas uma fração sólida. Sobre o sólido resultante foram adicionados 30 µL de piridina (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N) e 70 µL de N,O-Bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida (BSTFA-C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>F<sub>3</sub>NOSi<sub>2</sub>). A mistura foi submetida ao aquecimento a 70°C em banho de areia por 70 minutos ([Fotografia 16](#)). Da solução resultante, 2 µL foram introduzidos manualmente na interface do cromatógrafo com uma microsseringa. Os dados obtidos foram a partir da comparação com os dados das bibliotecas internas do aparelho (NIST08, NIST08s, NIST11 e NIST11s).

Os dados foram submetidos a testes de hipóteses por meio da análise da variância ( $p \leq 0,05$ ), e quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

### **3.2.2. Bioensaios com exsudatos radiculares**

Para a obtenção dos exsudatos radiculares das plantas de adubação verde, sementes de cada espécie foram dispostas entre papel germitest umedecidos com

água destilada em volume equivalente a 2,5 vezes a sua massa e levados para câmara de germinação do tipo Mangelsdorf marca Tecnal, modelo TE-405 ([Fotografia 7](#)) onde permaneceram a temperatura de 20°C até início da protrusão radicular.

Quatro repetições de duzentas plântulas com aproximadamente 1mm de raiz, foram transferidas para outro papel germitest, onde permaneceram por 13 dias (nabo forrageiro e aveia preta) e 15 dias (ervilhaca peluda) em câmara de germinação a 20°C para a formação de plântulas normais ([Fotografias 19 e 20](#)). Concluído este período as plântulas foram descartadas e o papel, contendo exsudatos radiculares, reutilizado para a realização dos seguintes testes: germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), crescimento de plântulas e massa seca de parte aérea e sistema radicular. Para a testemunha utilizou-se papel germitest embebido em água destilada.

Os testes de germinação e IVG foram realizados conjuntamente com 4 repetições de 50, 25 e 25 sementes para milho, *A. spinosus* e *I. grandifolia*, respectivamente. O milho foi acondicionado em câmara para germinação Mangelsdorf e as plantas espontâneas foram acondicionadas em câmara de germinação tipo BOD ([Fotografia 8](#)), cada espécie permaneceu no germinador pelo tempo recomendado pelas Regras para Análise de sementes (BRASIL, 2009). Ao final do teste foram computadas o número de plântulas normais e anormais e as sementes mortas e dormentes (BRASIL, 2009).

O IVG do milho e do caruru de espinho foi avaliado diariamente, a partir da primeira plântula normal observada. Para a corda de viola foi avaliada a protrusão radicular. O calculado do IVG foi realizado pelo somatório do número de plântulas normais a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos à formação da plântula, utilizando como referência a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + (G3/N3) + \dots + (Gn/Nn).$$

onde: IVG: Índice de Velocidade de Germinação;

G1, G2, Gn: número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na ultima contagem;

N1, N2, Nn: número de dias da semeadura à primeira, à segunda e à última contagem.

Após o número de dias recomendado pela RAS para cada espécie foram avaliados o crescimento de plântulas, o qual foi medido com paquímetro digital. O peso de matéria seca por sua vez, foi realizado somente com parte aérea e sistema radicular do milho separadamente, sendo estas colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçado á 80 °C por um período de 24 horas e após pesadas em balança eletrônica de precisão.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1. Identificação dos compostos

Foi identificado apenas um composto fenólico, o ácido cinâmico, no exsudato radicular de nabo forrageiro, nas demais PAV este composto não foi detectado (Tabela 4). O ácido cinâmico é conhecidamente um composto alelopático que afeta diversos processos fisiológicos na planta, como a permeabilidade seletiva das membranas (EINHELLIG, 2004), a absorção de íons pelas raízes (YU e MATSUI, 1997), a síntese de proteínas (EINHELLIG, 1986) e a fosforilação oxidativa (PUTNAM, 1987). Entretanto, a presença desse composto fenólico de forma isolada e apenas no nabo forrageiro, espécie com menor potencial alelopático nas sementes de milho e espécies de plantas espontâneas, sugere que o método para extração dos compostos fenólicos dos exsudatos radiculares das PAV não foi eficiente. Por outro lado, não pode se descartar a possibilidade de que outros metabólitos secundários estejam causando inibição da germinação e do crescimento inicial das espécies estudadas.

As moléculas majoritariamente encontradas nos exsudatos radiculares das PAV foram aminoácidos alifáticos (alanina, glicina, isoleucina, leucina, prolina, serina, treonina) e um aromático, a fenilalanina (Tabela 4). Os aminoácidos alifáticos encontrados fazem parte do metabolismo primário das plantas e a presença deles no extrato metanólico de exsudatos radiculares parece estar mais relacionado ao processo germinativo das sementes, que pode lixiviar diversos compostos orgânicos em função da protrusão radicular, do que a exsudação radicular.

Uma serie de aminoácidos, principalmente aminoácidos não proteicos possuem potencial alelopático sobre outras plantas. Outros por sua vez, são precursores de uma série de compostos fenólicos como as cumarinas, ácidos



cinâmicos e flavonóides (LI et. al., 2010).

**Tabela 1.** Compostos encontrados a partir da análise cromatográfica com espectrofotometria de massa do exsudato radicular das plântulas de adubação verde *R. sativus*, *A. strigosa* e *V. sativa*. UFFS, Laranjeiras do Sul, PR, 2018.

Categoria	Compostos	Plantas de adubação verde		
		Nabo	Aveia	Ervilhaca
<b>Aminoácidos alifáticos</b>	Alanina	*	*	-
	Glicina	-	*	-
	Isoleucina	*	-	*
	Leucina	*	-	*
	Prolina	*	*	-
	Serina	-	*	*
	Treonina	*	*	*
	Valina	*	*	*
<b>Aminoácidos aromáticos</b>	Fenilalanina	-	*	*
<b>Compostos fenólicos</b>	Ac. cinâmico	*	-	-

\* Presença dos compostos nas amostras analisadas;

- Inexistência dos compostos nas amostras analisadas.

Por outro lado, a fenilalanina, aminoácido encontrado no exsudato radicular das plântulas de aveia preta e ervilhaca peluda compõe o grupo dos aminoácidos aromáticos, o qual é formado a partir da rota do ácido chiquímico (TAIZ e ZEIGER, 2013). A classe mais abundante de compostos fenólicos em plantas é derivada da fenilalanina, pela eliminação de uma molécula de amônia, formando o ácido cinâmico. Este último é precursor de diversos compostos com potencial alelopático como o ácido cafeico, as cumarinas e outros fenilpropanóides simples (TAIZ e ZEIGER, 2013; BLUM, 2004).

### 3.2.3. Bioensaios com exsudatos radiculares

Os exsudatos radiculares de aveia preta e ervilhaca peluda reduziram a germinação, IVG, comprimento e massa seca de raiz e parte aérea do milho em relação à testemunha. Em contrapartida os exsudatos do nabo forrageiro não diferiram da testemunha para os testes de IVG e crescimento de plântulas de milho.

A germinação do milho foi reduzida em 22 e 28 pontos percentuais quando semeado em papel contendo exsudatos radiculares de ervilhaca peluda e aveia preta, respectivamente (Tabela 1). Os exsudatos radiculares apresentam inúmeros produtos químicos, algum dos quais com características alelopáticas (PIRES e

OLIVEIRA, 2011), como o ácido cinâmico que inibe a absorção de íons pelas raízes (YU e MATSUI, 1997), a síntese de proteínas (EINHELLIG, 1986) e inibem a fosforilação oxidativa (PUTNAM, 1987).

**Tabela 2.** Efeito do exsudato radicular de plântulas de adubação verde sobre a germinação e vigor de plântulas de milho (*Zea mays*) cv. PRE 22D11. UFFS, Laranjeiras do Sul, PR, 2018.

Tratamento	Germinação (%)	IVG	Crescimento (mm)		Matéria Seca (gr)	
			P. Aérea	S. Rad.	P. Aérea	S. Rad.
Testemunha	98,00 A	9,58 AB	91,72 AB	165,31 A	0,515 A	0,576 A
Nabo F.	94,00 A	10,02 A	99,82 A	170,12 A	0,456 A	0,525 A
Aveia P.	70,50 B	6,24 C	78,52 BC	142,13 A	0,176 B	0,338 B
Ervilhaca P.	76,00 B	7,73 BC	65,21 C	63,35 B	0,178 B	0,292 B
C.V. (%)	7,56	12,73	10,57	16,16	13,91	14,48

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Além da germinação, os exsudatos radiculares de ervilhaca e aveia preta contribuíram para um menor índice de velocidade de germinação das sementes e restringiram o crescimento e o acúmulo de matéria seca das plântulas de milho. As plântulas de milho apresentaram anormalidade principalmente no sistema radicular, como necrose e oxidação quando semeadas em papéis contendo exsudatos radiculares de ervilhaca peluda ([Fotografias 21 e 22](#)).

Esses parâmetros de vigor das sementes determinam seu potencial para uma emergência rápida e uniforme e o desenvolvimento de plântulas normais sob ampla diversidade de condições de ambiente (AOSA, 2009). Sementes que germinam mais lentamente podem dar origem a plântulas com tamanho reduzido e, como consequência, podem ser mais suscetíveis a estresses e predação, tendo então menor chance na competição por recursos como a água, luz e nutrientes minerais (JEFFERSON e PENNACHIO, 2003).

No caruru de espinho os exsudatos radiculares de aveia preta e ervilhaca peluda também prejudicaram a germinação, IVG e o crescimento inicial das plântulas (Tabela 2), semelhante ao observado para o milho (Tabela 1). O nabo forrageiro não influenciou os parâmetros avaliados, exceção do crescimento de plântulas que foi reduzido em comparação a testemunha. A planta de adubação verde com maior potencial alelopático foi a aveia preta, seguida da ervilhaca e do nabo forrageiro, este último com interferência apenas no crescimento do caruru de espinho (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 3.** Germinação, IVG e crescimento de plântulas de caruru de espinho (*Amaranthus spinosus* L.) sob efeito do exsudato radicular de plântulas de adubação verde. UFFS, Laranjeiras do Sul, PR, 2018.

Tratamento	Germinação (%)	IVG	Crescimento (mm)
Testemunha	76,00 A	4,29 A	21,24 A
Nabo F.	70,75 AB	3,27 AB	14,29 B
Aveia P.	43,00 C	1,48 C	14,34 B
Ervilhaca P.	61,25 B	2,83 BC	15,86 B
C.V. (%)	10,74	17,66	8,15

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sabe-se que um dos maiores problemas da agricultura é a redução de produção das culturas causada pela presença de plantas invasoras, que no geral, possui um potencial de perda de 34% (OERKE, 2006). Uma prática adotada para supressão de plantas invasoras é a utilização da cobertura morta das plantas de adubação verde, por promoverem uma barreira física à emergência das plantas invasoras.

Os resultados da presente pesquisa indicam que a escolha das plantas de adubação verde deverá ser definida levando em consideração a cultura implantada em sucessão e as plantas espontâneas presentes na área de cultivo, visto que estas podem reduzir o potencial de infestação de plantas invasoras, como o caruru de espinho, em função da liberação de aleloquímicos no solo pelas raízes. Os aleloquímicos são comuns nos vegetais e comprovadamente tóxicos para as plantas, podendo ser utilizados como herbicidas naturais (PIRES e OLIVEIRA, 2011).

**Tabela 4.** Protrusão radicular e desenvolvimento inicial de plântulas de *Ipomoea grandifolia* sob a ação do exsudato radicular de plântulas de adubação verde. UFFS, Laranjeiras do Sul, PR, 2018.

Tratamento	Protrusão (%)	IVPR	Crescimento (mm)
Testemunha	80,00 A	21,90 A	51,14 A
Nabo F.	91,50 A	14,90 B	30,98 B
Aveia P.	85,00 A	13,67 B	25,25 B
Ervilhaca P.	87,50 A	13,50 B	29,43 B
C.V. (%)	7,06	8,00	16,30

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em corda de viola, os exsudatos radiculares das PAV não prejudicaram a

protrusão radicular, entretanto, reduziram o Índice de Velocidade de Protrusão Radicular e o crescimento da invasora (Tabela 3) ([Fotografias 23 e 24](#)). O decréscimo no IVPR e no crescimento da corda de viola pode reduzir seu potencial de competição por recursos como água, luz e nutrientes minerais, diminuindo sua capacidade de infestação.

Saraiva (2010), obteve resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo, utilizando solo peneirado cultivado por 12 meses com espécies de amendoim, onde não obteve divergência estatística com relação a emergência de *I. grandifolia* em relação a testemunha, no entanto, para o crescimento, observou-se que espécies de amendoim foram prejudiciais ao desenvolvimento inicial de *I. grandifolia*.

O atraso no crescimento das plântulas de corda de viola indica que a escolha adequada das plantas de cobertura pode ser uma alternativa para a redução no uso de herbicidas sintéticos, reduzindo a infestação das plantas infestantes pela liberação de compostos alelopáticos pela exsudação radicular e/ou pelo efeito físico da palhada, impedindo a sobrevivência das sementes germinadas na superfície do solo (GOMES JUNIOR E CHRISTOFFOLETI, 2008).

Assim, embora a adubação verde seja uma prática muito comum adotada por pequenos e médios agricultores em função dos múltiplos benefícios que promovem à cultura em sucessão, especialmente as propriedades do solo (BRUNO et al., 2017), os resultados observados no presente estudo sugerem atenção na escolha da planta de cobertura, a qual deverá ser definida em função da cultura semeada em sucessão.

#### 3.4. CONCLUSÕES

O exsudato radicular do nabo forrageiro não apresentou interferência no vigor das plântulas de milho, entretanto foi prejudicial ao crescimento do caruru de espinho e da corda de viola.

O exsudato radicular que apresentou maior fitotoxicidade a germinação e ao vigor das plântulas de milho e plantas espontâneas foi o de aveia preta seguido pelo de ervilhaca peluda e nabo forrageiro, respectivamente.

Os resultados sugerem que o método para extração dos compostos fenólicos dos exsudatos radiculares das PAV não foi eficiente.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. D. de. ZUCOLOTO, M. ZETUN, M. C. COELHO, I. SOBREIR, F. M. **Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos**. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, v. 61, n. 1, p. 4237-4247, 2008.
- ALVES, T. F. D. **Efeito dos exsudatos radiculares na mineralização de resíduos orgânicos aplicados ao solo**. 2009. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente)- Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 2009. 334 p. (Contribution, 32).
- BLUM, U. **Fate of phenolic Allelochemicals in soils – the Role of soil and Rhizosphere Microorganisms**. In *Allelopathy : chemistry and mode of action of allelochemicals / edited by Francisco A. Macías, Juan C.G. Galindo, José M.G. Molinillo, and Horace G. Cutler*. 2004.
- BORTOLINI, M. F.; FORTES, A. M. T. **Efeitos alelopáticos sobre a germinação de sementes de soja (Glycine max L. Merrill)**. Semina: Ciências Agrárias, v. 26, n. 1, p. 5-10, 2005.
- BRASIL, MAPA. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, - Brasília : Mapa/ACS, 2009.
- DIAS, F. S. **Determinação de compostos fenólicos em vinhos e caracterização de vinhos elaborados na região do Vale do São Francisco Pernambuco**. Tese de doutorado – Universidade Federal da Bahia. 2010.
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. **Allelopathy : an Emerging Topic in Ecophysiology**. Revista Brasileira De Fisiologia Vegetal, v. 12, n. VII, p. 175–204, 2000.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons**. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.
- INDERJIT. **Plant phenolics in allelopathy**. The Botanical Review, v. 62, n. 2, p. 186–202, 1996.
- PIRES, M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**, n. 1984, p. 95–123, 2011.
- CANDIDO, A.C.S.; DIAS, A.C.R; SERRA, A.P. **Potencial alelopático de lixiviados das folhas de plantas invasoras pelo método sanduíche**. Revista Brasileira de Biociência. Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 268-272. 2010.
- DUKE, S. O.; OLIVA, A. **Mode of action of Phytotoxic Terpenoids**. In *Allelopathy : chemistry and mode of action of allelochemicals / edited by Francisco A. Macías, Juan C.G. Galindo, José M.G. Molinillo, and Horace G. Cutler*. 2004.

EINHELLIG, F. A. **Mode of Allelochemical Action of Phenolic Compounds.** In Allelopathy chemistry and mode of action of allelochemicals / edited by Francisco A. Macías, Juan C.G. Galindo, José M.G. Molinillo, and Horace G. Cutler. 2004.

EINHELLIG, F. A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. In: Putnam, A.R.; Tang, C.S.; (Eds.). **The Science of Allelopathy.** New York, EUA: John Wiley & Sons, 1986. P. 171-188.

ERASMO, E.A.L.; AZEVEDO, W.R.; SARMENTO, R.A.; CUNHA, A.M.; GARCIA, S.L.R. **Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas.** Planta Daninha. Viçosa-MG, v. 22, n. 3, p. 337-342. 2004.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. **Allelopathy : an Emerging Topic in Ecophysiology.** Revista Brasileira De Fisiologia Vegetal, v. 12, n. Vii, p. 175–204, 2000.

HAGEMANN, T. R.; BENIN, G.; LEMES, C.; MARCHESI, J. A.; MARTIN, T. N.; PAGLIOSA, E. S.; BECHE, E. **Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia sobre azevem e amendoim bravo.** bragantia, Campinas, v. 69, n. 3, p. 509-518, 2010.

INDERJIT. **Plant phenolics in allelopathy.** The Botanical Review, v. 62, n. 2, p. 186–202, 1996.

LI, Z. H.; WANG, Q.; RUAN, X.; PAN, C.; JIANG, D.A. **Phenolics and Palnt Allelopathy.** Molecules, 15, 8933-8952; doi:10.3390/molecules15128933, 2010.

NARWAL, S. S.. **The influence of one plant on another: allelopathy.** Jodhpur: Scientific Publishers, 2001.

OERKE, E. C. **Crop losses to pests.** J. Agric. Sci., v. 144, n.01, p. 31-43, 2006.

PUTNAM, A. R. Weed allelopathy. In: Duke, S.O., (Ed.). **Weed Physiology.** Boca Raton, EUA: CRC Press, 1987. P. 131-155.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INQUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas.** Curitiba, PR: Omnipax, 2011. 348p.

RICE, E.L. **Allelopathy.** 2.ed. New York: Academic, 1984. 422p.

SANTOS, D. G. **Cultivo de bactérias da rizosfera da cana-de-açúcar e a interferência dos exsudatos da planta em seu desenvolvimento.** Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 86p., 2014.

SARAIVA, T. S. **Investigação de efeitos alelopáticos de espécies do gênero *Arachis*.** 2010. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, SP, 2010.

SILVA, F.A.M.; NOGUEIRA, F.D.; RIBEIRO, L.L.; GODINHO, A; GUIMARÃES, P.T.G. **Exsudação de ácidos orgânicos em rizosfera de plantas daninhas.** Planta Daninha, Viçosa-MG, v.19, n.2, p.193-196. 2001.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; FINATTO, J. A. **Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja.** Revista Brasileira de Sementes, v. 31, n. 1, p.144-149. 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre:Artmed, 2013. 918p.

TOKURA, L. K.; NOBREGA, L. H. P. **Potencial alelopático de cultivos de cobertura no desenvolvimento de plântulas de milho**. Acta Sci. Agron. Maringá, v. 27, p. 287-292, Abril/junho, 2005.

WU, H.; HAIG, T.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; AN, M. **Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): Production and exudation of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4- benzoxazin-3-one**. J. Chem. Ecol. vol. 27, n. 8 . p. 1691–1700 2001.

YU, J. Q.; MATSUI, Y. **Effects of root exudates of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals on ion uptake by cucumber seedlings**. Journal of Chemical Ecology, vol, 23, p.817-827, 1997.

CAPÍTULO III

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DO  
EXTRATO AQUOSO DA PARTE AÉREA  
DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE  
NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO  
DE PLANTAS ESPONTÂNEAS E DO  
MILHO.**



#### 4. POTENCIAL ALELOPÁTICO DO EXTRATO AQUOSO DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS ESPONTÂNEAS E DO MILHO

**Resumo:** Plantas de adubação verde (PAV) são utilizadas na estratégia de recuperar os solos degradados, melhorando as características físicas, químicas e biológicas desses, além de auxiliar no controle de plantas espontâneas através de compostos aleloquímicos liberados pelo processo de degradação da parte aérea. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar a fitotoxicidade do extrato aquoso das plantas de adubação verde nabo forrageiro, aveia preta e ervilhaca peluda na germinação e no desenvolvimento inicial do milho cv. PRE 22D11, *Amaranthus spinosus* L. e *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell. Para isso, foi amostrada a parte aérea de PAV no estágio de grão leitoso, que foram secas em estufa com circulação de ar forçada, triturada e armazenada em frascos de vidro no escuro à temperatura ambiente até o momento de extração. Os extratos aquosos foram obtidos a partir de misturas de 12% de ervilhaca peluda e 10% de nabo forrageiro e aveia preta em água destilada (massa/volume). A mistura foi agitada, filtrada, centrifugada e o sobrenadante novamente filtrado e armazenado. O extrato foi diluído em água destilada em proporções de 25%, 50% e 75%, constituindo os tratamentos utilizados e aplicado em papel germitest em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel, tendo água destilada como testemunha. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, seguindo esquema fatorial 3x4, sendo 3 espécies de PAV e 4 concentrações. As variáveis analisadas foram: germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), crescimento de plântula para o *A. spinosus* e protrusão radicular (PR), índice de velocidade de protrusão radicular (IVPR) e crescimento para a *I. grandifolia*. Maiores concentrações dos extratos afetaram o desenvolvimento inicial do milho e das plantas espontâneas. Observou-se que concentrações baixas dos extratos são menos fitotóxicas ao desenvolvimento inicial do milho, sendo que as plantas espontâneas apresentam maior sensibilidade. A planta de adubação verde que mais afetou o vigor e a germinação do milho foi a ervilhaca peluda, seguida pela aveia preta e nabo forrageiro. A planta de adubação verde que apresenta maior concentração de fenóis totais é a ervilhaca peluda, seguida pelo nabo forrageiro e pela aveia preta. Os compostos fenólicos identificados em maior quantidade nos extratos foram ácido benzoico e ácido *p*-cumarico, seguidos pelo ácido ferúlico e ácido *p*-hidroxibenzóico. Estudos posteriores avaliando separadamente a inibição dos compostos fenólicos encontrados devem ser realizados sobre as plantas receptoras.

**Palavras-chave:** Fitotoxicidade; Aleloquímicos; Agroecologia; Plantas daninhas.

**Abstract:** Green fertilization (PAV) plants are used in the strategy to recover degraded soils, improving the physical, chemical and biological characteristics of these plants, besides helping to control spontaneous plants through allelochemical compounds released by the aerial degradation process. Thus, the present work aimed to evaluate the phytotoxicity of the aqueous extract of the plants of green manuring forage turnip, black oats and hairy vetch in the germination and initial development of maize cv. PRE 22D11, *Amaranthus spinosus* L. and *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell. For this, the aerial part of PAV was sampled in the milky grain stage, which were dried in an oven with forced air circulation, crushed and stored in glass jars in the dark at room temperature until the moment of extraction. Aqueous extracts were obtained from mixtures of 12% hairy vetch and 10% forage turnip and black oats in distilled water (mass / volume). The mixture was stirred, filtered, centrifuged and the supernatant again filtered and stored. The extract was diluted in distilled water in proportions of 25%, 50% and 75%, constituting the treatments used and applied in germitest paper in an amount equivalent to 2.5 times the mass of the paper, having distilled water as a control. The experimental design was completely randomized, with four replications, following a 3x4 factorial scheme, being 3 species of VAP and 4 concentrations. The variables analyzed were: germination, germination speed index (IVG), seedling growth for *A. spinosus* and root protrusion (PR), rate of root protrusion velocity (IVPR) and growth for *I. grandifolia*. Higher concentrations of the extracts affected the initial development of maize and spontaneous plants. It was observed that low concentrations of the extracts are less phytotoxic to the initial development of the maize, and the spontaneous plants have a higher sensitivity. The green manure plant that most affected the vigor and germination of the maize was the common vetch, followed by black oat and forage turnip. The green manure plant with the highest concentration of total phenols is the common vetch, followed by forage turnip and black oats. The phenolic compounds most identified in the extracts were benzoic acid and *p*-coumaric acid, followed by ferulic acid and *p*-hydroxybenzoic acid. Further studies evaluating the inhibition of the phenolic compounds found separately should be performed on the recipient plants.

**Keywords:** Phytotoxicity; Allochemical Compounds; Allelopathy; Agroecology.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

A adubação verde é uma técnica agrícola que consiste na utilização de plantas, geralmente leguminosas e/ou gramíneas em rotação, sucessão ou consorciadas com as culturas agrícolas de interesse. A adoção dessa prática, principalmente por pequenos e médios agricultores, deve-se aos inúmeros benefícios que proporcionam ao solo e as culturas comerciais.

Essa técnica recupera os solos degradados pelo cultivo, melhora os solos naturalmente pobres e conserva aqueles que já são produtivos, por aumentar o teor de matéria orgânica, diminuir índices de erosão, descompactar e aumentar a retenção de água no solo, ciclar nutrientes e intensificar a atividade biológica do solo (LAFAY, 2016; BRUNO et al., 2017; COSTA et al., 1993).

A prática também contribui para a redução da infestação de plantas espontâneas na área de cultivo, tanto pelo impedimento físico imposto pela camada de palhada que se forma sobre o solo quanto pela liberação de substâncias químicas com potencial alelopático (CORREIA e DURIGAN, 2006). A liberação de compostos químicos pelas plantas é definida por Molish (1937), como alelopatia, sendo esta a capacidade das plantas de produzirem substâncias químicas que, liberadas no ambiente, influenciam de forma favorável ou desfavorável o desenvolvimento de outros organismos.

As plantas espontâneas constituem um dos maiores gargalos para as culturas agrícolas, sejam elas perenes ou anuais, especialmente em sistema de produção orgânica onde existem poucas alternativas ao manejo químico empregado na agricultura convencional. Para Barberi (2002), o controle das plantas espontâneas em agroecossistemas tem se tornado um dos principais entraves para a transição de agroecossistemas manejados, sistema convencional para o orgânico, acarretando assim, no aumento do uso de agrotóxicos para o controle das plantas espontâneas.

Esse aumento do uso de agrotóxicos se vê demonstrado nos dados da Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO), os quais indicam que desde 2008, o Brasil é o país que ocupa o primeiro lugar no consumo de agrotóxicos (CARNEIRO, 2015). Enquanto que o comércio mundial de Agrotóxicos cresceu 93% nos últimos dez anos, o mercado Brasileiro cresceu 190%, e a categoria com maior

percentual de comercialização é a dos herbicidas, com 45% do total comercializado (ANVISA, 2012; CARNEIRO, 2015).

Uma forma de reduzir a carga de herbicidas utilizadas na agricultura é a adoção de técnicas agroecológicas, como o plantio direto na palha. No entanto, embora o sistema de plantio direto tenha sido uma técnica bastante difundida nas últimas décadas, escassas são as informações sobre as relações existentes entre as plantas utilizadas para a cobertura e as plantas espontâneas.

Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito fitotóxico do extrato aquoso das plantas de adubação verde *Vicia villosa* (ervilhaca peluda), *Raphanus sativus* L. (nabo forrageiro) e *Avena strigosa* L. (aveia preta), sobre a germinação e o desenvolvimento de *Amaranthus spinosus* (caruru de espinho), *Ipomoea grandifolia* (corda de viola) e da cultura do milho, bem como quantificar e identificar os compostos com potencial aleloquímico no extrato aquoso da parte aérea das plantas de adubação verde.

#### 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram realizados nos laboratórios de Fisiologia Vegetal, Germinação e Crescimento de plântulas, Química orgânica e Central de Análises da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, durante o período de março de 2017 a março de 2018. Foram utilizadas sementes de milho cv. 22D11, doadas pela Cooperativa Oestebio e sementes de espécies usadas para adubação verde do comércio local.

As sementes das plantas espontâneas foram coletadas em áreas infestadas, no mês de junho de 2017 após a maturidade fisiológica das mesmas, sendo as sementes de *A. spinosus* coletadas no município de São Miguel do Oeste – SC (26°40'47.1"S 53°31'21.5"W) e as sementes de *I. grandifolia* no município de Marmeleiro – PR (26°13'28.0"S 53°08'09.6"W).

Após a coleta das sementes foi realizada a limpeza por meio de soprador de sementes para remoção de impurezas e sementes danificadas. Os testes de qualidade realizados, consistiram na determinação do grau de umidade por meio do método padrão de estufa a 105 °C e na porcentagem de germinação por meio do teste padrão de germinação, ambos descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

#### 4.2.1. Extração Sólido-Líquido

Para a preparação do extrato aquoso da parte aérea das plantas de adubação verde (PAV), realizou-se a coleta das plantas no período de pleno florescimento. Imediatamente após a coleta, as amostras das plantas de adubação verde foram colocadas em sacos de papel kraft e secas em estufa com circulação de ar forçado, marca Ethiktechnology, a 40 °C até atingir massa constante ([Fotografia 9](#)).

Após a secagem as plantas foram trituradas em moinho Willey com peneira de 10 mesh e armazenadas em frascos de vidro protegidos com papel alumínio e lacrados com filme plástico (PARAFILM®) ([Fotografia 10](#)).

O extrato aquoso de ervilhaca foi preparado na proporção de 12% de matéria seca triturada em água destilada (massa/volume) com a finalidade de obter uma mistura homogênea ([Fotografia 27](#)). Em seguida, essa mistura foi colocada por duas horas em incubadora refrigerada com agitador orbital “Shaker”, marca Fortinox, modelo STAR FT 38 a 230 rpm e temperatura de 40 °C ([Fotografia 11](#)). Concluído este procedimento os extratos foram filtrados em gaze cirúrgica com a finalidade de retirar o excesso de material triturado ([Fotografia 28](#)) e centrifugadas a 4000 rpm, durante 10 minutos a temperatura ambiente ~ 24 °C em centrífuga Marca Sigma, modelo 3-16 KL ([Fotografia 12](#)). Finalizada a centrifugação, o sobrenadante foi filtrado em papel (poros de 25 µm), identificado e armazenado em congelador a temperatura de 5°C.

O preparo do extrato aquoso da parte aérea das plantas de aveia preta e nabo forrageiro seguiram as mesmas etapas da ervilhaca. No entanto, foi utilizada a proporção de 10 % de matéria seca triturada em água destilada (massa/volume).

#### 4.2.2. Extrato Bruto

Para a obtenção do extrato bruto das plantas de adubação verde, 50 ml de extrato aquoso foi adicionado a 150 ml de acetona. A mistura foi agitada por 12 horas em agitador magnético marca IKA®, modelo C-MAG HS7, a temperatura de ~20 °C ([Fotografia 16](#)). Esse procedimento teve por objetivo retirar do extrato aquoso os compostos apolares como lipídeos e proteínas. A solução foi filtrada a

vácuo com o auxílio de funil tipo büchner e duas folhas de papel filtro (25 µm), a acetona removida com uso de evaporador rotativo marca Biothec, modelo BT351, a 40 °C ([Fotografia 13](#)).

O material resultante foi lavado por três vezes com 100 mL de hexano, utilizando funil de separação, sendo a fração hexânica descartada. O hexano foi utilizado para remoção de compostos apolares de difícil separação que não foram retirados pela acetona. O extrato obtido foi lavado por três vezes com 100 mL de éter etílico, sendo aproveitada a fase etérea ([Fotografia 29](#)).

O éter foi rotoevaporado a 40 °C e a fração resultante foi considerada como extrato bruto, sendo este utilizado para a quantificação dos fenóis totais em espectrofotometria e para a identificação de analitos em Cromatografia Gasosa e Espectrofotômetro de Massa. As quantidades finais do extrato bruto de nabo forrageiro, aveia preta e ervilhaca foram de 7,04, 5,73 e 23,54 g, respectivamente.

#### 4.2.3. Quantificação de Fenóis Totais

Para a quantificação dos fenóis totais, as amostras de extrato bruto foram transferidas para cubetas e realizado a leitura em espectrofotômetro marca Thermo Scientific, modelo Evolution 201, com feixe de luz de 760 nm ([Fotografia 14](#)). A solução da cubeta foi composta por 50 µl de extrato, 600 µl de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 750 µl de água destilada e 200 µl do reagente Folin Ciocalteau. Esta foi incubada em banho maria por 10 minutos a temperatura de 50 °C e acrescidas de 1 ml de água destilada. A quantificação de fenóis totais foi realizada em relação a µg.ml de ácido gálico, utilizado para calibrar a leitura do equipamento.

A curva padrão foi construída em função de concentrações de 0, 10, 20, 30 e 40 µg.mL para o ácido gálico, os quais foram colocados em tubos de ensaio e a estes adicionados 600 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (solução de 7,5 %), 700 µL de água destilada e 200 µL do reagente Folin Ciocalteau.

#### 4.2.4. Identificação dos compostos fenólicos

A identificação dos compostos fenólicos foi realizada pela análise dos extratos em cromatógrafo gasoso com detector de massa modelo GC-2010 plus, marca Shimadzu. O equipamento foi ajustado com injetor em 300 °C no modo split less e

interface do espectrômetro de massa a 280 °C com a fonte de íons a 260 °C ([Fotografia 15](#)). O programa de temperatura do forno foi com temperatura inicial de 80 °C mantida por m minuto, aumentada a 250 °C a uma taxa de 15 °C por minuto, permanecendo por um minuto, aumentada a 300 °C a uma taxa de 4 °C por minuto, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos, totalizando um tempo de análise de 30,83 minutos. O espectrômetro de massa foi ajustado para varredura em massas entre 50 e 800 ua.

A derivatização da amostra foi realizada transferindo 0,25 mL do extrato bruto obtido no item 3.2.2 para um vial e o extrato etéreo seco por um fluxo constante de nitrogênio, restando apenas uma fração sólida. Sobre o sólido resultante foram adicionados 30 µL de piridina (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N) e 70 µL de N,O-Bis(trimetilsilil) trifluoroacetamida (BSTFA-C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>F<sub>3</sub>NOSi<sub>2</sub>). A mistura foi submetida ao aquecimento a 70 °C em banho de areia por 70 minutos ([Fotografia 16](#)). Da solução resultante, 2 µL foram introduzidos manualmente na interface do cromatógrafo com uma microsseringa. Os dados obtidos foram a partir da comparação com os dados das bibliotecas internas do aparelho (NIST08, NIST08s, NIST11 e NIST11s).

#### 4.2.5. Bioensaio com extrato aquoso de parte aérea

Nestes bioensaios utilizou-se extrato aquoso da parte aérea das PAV como umidificante do papel germitest, sendo o papel umedecido 2,5 vezes a sua massa nas concentrações de 25, 50 e 75% (v/v) diluídas em água e como testemunha utilizou-se água destilada.

Foram determinadas as seguintes variáveis: germinação, índice de velocidade de germinação, crescimento de plântulas e matéria seca para o milho, germinação, índice de velocidade de germinação, crescimento de plântulas para *A. spinosus*, e para *I. grandifolia* foram realizados os testes de protrusão radicular, índice de velocidade de protrusão radicular e crescimento de plântulas.

Os testes de germinação foram realizados com 4 repetições de 50 sementes para o milho e 4 repetições de 25 sementes para *A. spinosus* e *I. grandifolia*. Cada espécie permaneceu no germinador pelo tempo recomendado pelas Regras para Análise de sementes (BRASIL, 2009) e no final do teste foram computados o

número de plântulas normais e anormais e as sementes mortas e dormentes para o milho e nabo forrageiro e para a *I. grandifolia* foram contabilizadas as sementes com protrusão radicular.

O índice de velocidade de germinação foi realizado conjuntamente com o teste de germinação. Para a avaliação do IVG do milho e do nabo forrageiro, foram contabilizadas diariamente as plântulas normais a partir do surgimento da primeira plântula normal até que o número de plântulas se tornasse constante. Para a *I. grandifolia* foram contabilizadas as sementes com protrusão radicular. O IVG foi calculado pelo somatório do número de plântulas normais a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos até à formação da plântula, utilizando como referência a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + (G3/N3) + \dots + (Gn/Nn).$$

onde: IVG: Índice de Velocidade de Germinação;

G1, G2, Gn: número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N1, N2, Nn: número de dias da semente à primeira, à segunda e à última contagem.

O ensaio de crescimento de plântulas foi realizado com 5 repetições de 20 sementes para cada espécie, as quais permaneceram em germinador pelo período recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). No final do período, para todas as culturas, realizou-se a aferição do comprimento da parte aérea e do sistema radicular com paquímetro digital.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x4, sendo três culturas alvo (milho, *A. spinosus* e *I. grandifolia*) e quatro tratamentos (testemunha, nabo forrageiro, aveia preta e ervilhaca peluda). Para a *I. grandifolia* avaliou-se o potencial alelopático apenas das plantas de adubação verde nabo forrageiro e ervilhaca peluda. Os dados foram submetidos a testes de hipóteses por meio da análise da variância ( $p \leq 0,05$ ), e quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) ou realizada a curva de regressão utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6, conforme o caso (FERREIRA, 2014).



## 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3.1. Quantificação de Fenóis Totais

Os extratos aquosos da parte aérea das plantas de adubação verde apresentaram concentrações referentes à fenóis totais por massa seca da planta de 0,76 mg.g<sup>-1</sup> para o nabo forrageiro, 0,4 mg.g<sup>-1</sup> para a aveia preta e 1,23 mg.g<sup>-1</sup> para a ervilhaca peluda. Valores superiores foram encontrados por Souza et al. (2017), onde foram observados valores de 8,19 mg.g<sup>-1</sup> para massa seca de aveia preta cortadas aos 80 dias e de 15,97 mg.g<sup>-1</sup> para massa seca do nabo forrageiro cortados aos 60 dias.

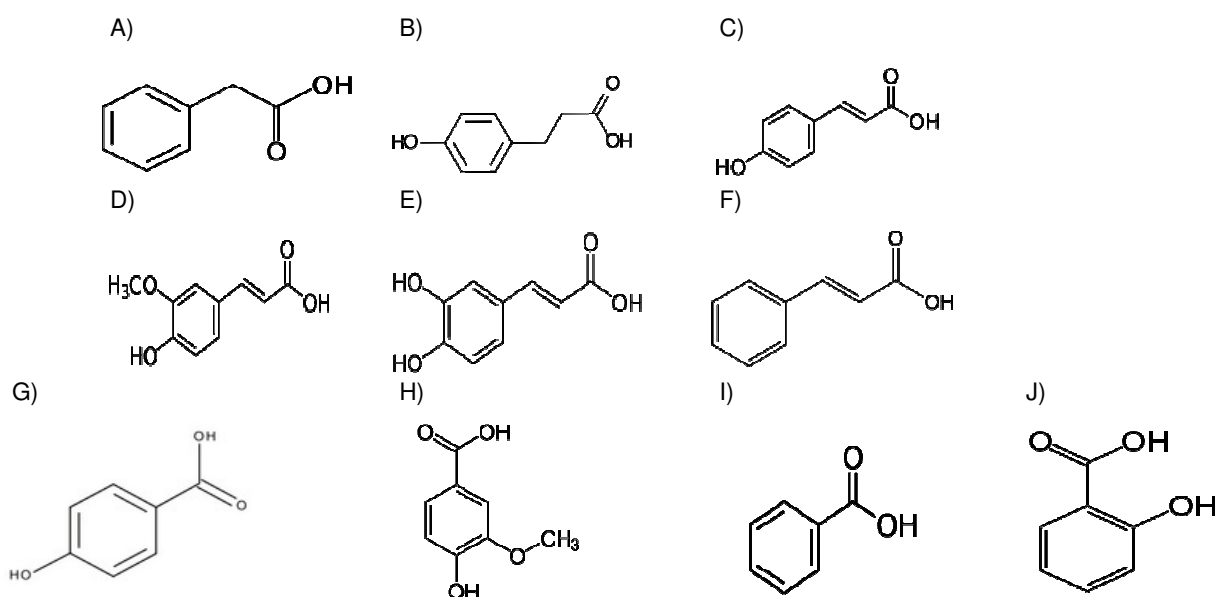
De acordo com Calegari, (2006) a produção de matéria seca por hectare das plantas de adubação verde pode variar entre 3 a 9 toneladas para o nabo forrageiro, 2 a 11 ton.ha<sup>-1</sup> para a aveia preta e 3 a 5 ton.ha<sup>-1</sup> para ervilhaca peluda. Através da quantificação dos fenóis totais presentes na parte aérea das plantas de adubação verde, estima-se uma liberação aproximada de fenóis totais por meio da degradação da fitomassa aérea do nabo forrageiro, aveia preta e ervilhaca peluda de 2,30 a 6,75, 0,81 a 4,44 e 3,97 e 6,62 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Blum, (2004) ao avaliar o efeito residual dos compostos fenólicos, apresenta que este pode variar entre 32 a 45% em CO<sub>2</sub>, 34 a 45% em células, 9 a 20% em ácido húmico e 4 a 10% em ácido fúlvico. Desta forma, ao comparar o efeito residual encontrado pelo autor anteriormente citado com os resultados obtidos em bioensaios de fitotoxicidade das diferentes concentrações dos extratos sobre as espécies alvo, estima-se que o efeito residual de fenóis totais no solo não afeta o desenvolvimento inicial do milho.

### 4.3.2. Identificação dos compostos fenólicos

A análise cromatográfica por meio de cromatógrafo gasoso com espectrofotometria de massa (CGMS) permitiu identificar uma série de compostos fenólicos nos extratos da massa seca da parte aérea das plantas de adubação verde. As fórmulas estruturais dos compostos fenólicos encontrados são

apresentadas na Figura 1.



**Figura 1.** Fórmula estrutural de compostos fenólicos (A – Ácido fenilacético; B – Ácido 3(4-hidroxifenil) propiônico; C – Ácido *p*-cumarico; D – Ácido ferúlico; E – Ácido cafeico; F – Ácido cinâmico; G – Ac. *p*-hidroxibenzoico; H – Ácido vanílico; I – Ácido benzoico; J - Ac. salicílico) identificados na massa seca da parte aérea das plantas de adubação verde. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018.

No nabo forrageiro foram encontrados os seguintes compostos fenólicos: ácido benzóico, ácido salicílico, ácido *p*-cumarico, ácido ferúlico e ácido caféico. Na aveia preta foram encontrados o ácido benzoico, ácido salicílico, ácido *p*-cumarico, ácido ferúlico, ácido cinâmico, ácido *p*-hidroxibenzoico e ácido vanílico e no extrato de ervilhaca peluda ácido benzoico, ácido *p*-cumarico, ácido *p*-hidroxibenzoico, ácido fenilacético e ácido 3(4-hidroxifenil) propiônico.

A presença de compostos fenólicos na palhada das plantas de adubação verde confirma os resultados observados nos bioensaios de fitotoxicidade da parte aérea das plantas. Além disso, alguns compostos podem interagir com outros elementos ou microrganismos presentes no solo, se transformarem e aumentar sua toxicidade. Ou ainda se transformarem em compostos menos severos como é o caso do ácido ferúlico que é transformado por fungos em ácido cafeico ou em ácido vanílico e estes transformados em ácido protocatecuico. Neste último ocorre a quebra da estrutura do anel benzênico e posteriormente é decomposto em CO<sub>2</sub> e água (BLUM, 2004).

**Tabela 5.** Presença de compostos fenólicos encontrados no extrato aquoso da massa seca da parte aérea do nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), aveia preta (*A. strigosa*) e ervilhaca peluda (*V. villosa*). UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018.

<b>Compostos fenólicos</b>	<b>Nabo F.</b>	<b>Aveia P.</b>	<b>Ervilhaca P.</b>
<b>Ac. Benzoico</b>	*	*	*
<b>Ac. Salicílico</b>	*	*	-
<b>Ac. p-cumarico</b>	*	*	*
<b>Ac. Ferúlico</b>	*	*	-
<b>Ac. Cafeico</b>	*	-	-
<b>Ac. Cinâmico</b>	-	*	-
<b>Ac. p-hidroxibenzóico</b>	-	*	*
<b>Ac. Vanílico</b>	-	*	-
<b>Ac. Fenilacético</b>	-	-	*
<b>Ac. 3(4-hidroxifenil) propiônico</b>	-	-	*

\*Presença dos compostos nas amostras analisadas;

-Inexistência dos compostos nas amostras analisadas.

Grande parte dos compostos fenólicos encontrados possuem ações específicas no crescimento e desenvolvimento das plantas, interferindo na atividade de fitohormônio, absorção mineral, balanço hídrico de plantas e função estomática, fotossíntese, respiração, síntese orgânica de certos compostos e fluxo de carbono (EINHELLIG, 2004). A ação dos ácidos benzóico e cinâmico podem estar ligadas a diminuição na absorção de nutrientes em consequência de danos à integridade da membrana celular causados por uma diminuição nos grupos sulfidríla seguida de peroxidação lipídica (BAZIRAMAKENGA; LEROUX; SIMARD, 1995).

O ácido ferúlico é um composto que está relacionado com a absorção de nitrato e amônia, afeta negativamente a captação de íons e as relações água-planta (BERGMARK et al., 1992; BOOKER; BLUM; FISCUS, 1992). Os ácidos caféico, ferulico, *p*-cumarico, *p*-hidroxibenzoico e vanílico estão ligados a redução da condutividade hidráulica e a absorção de nutrientes pelas raízes, sendo que alguns efeitos secundários como índices reduzidos de fotossíntese e alocação de carbono para raízes, aumento dos níveis de ácido abscísico, taxas reduzidas de transpiração e expansão foliar podem ser observados (BLUM, 1995; RICE, 1984; SIQUEIRA et al., 1991).

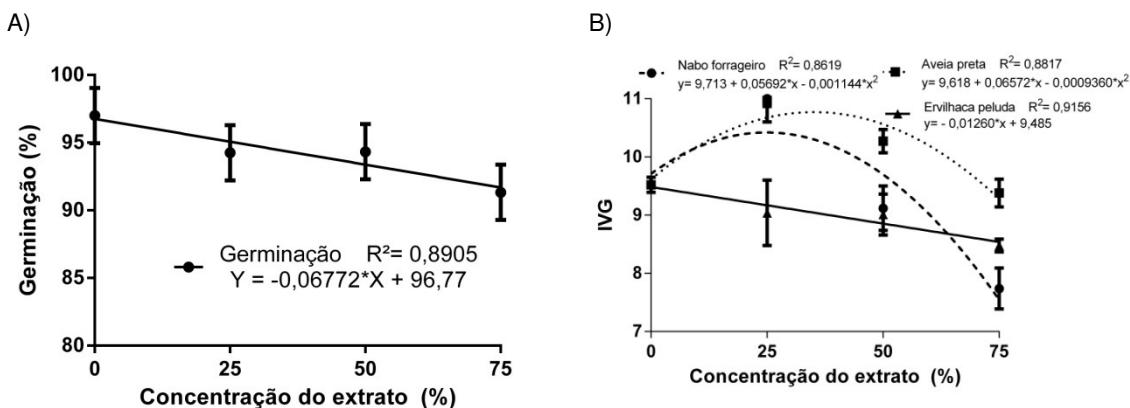
Blum (1996) destaca que esses compostos fenólicos possuem uma ampla gama de fitotoxicidades, no entanto, todos têm o mesmo modo de ação aparente. O efeito primário destes compostos em espécies sensíveis parece ser uma redução da condutividade hidráulica e absorção de nutrientes das raízes e, assim,

eventualmente, o crescimento, como pode ser observado no presente estudo, uma redução elevada no crescimento das plântulas, o qual pode estar vinculado à presença destes compostos nos extratos das plantas de adubação verde.

#### 4.2.6. Bioensaio com extrato aquoso de parte aérea

##### 4.3.2.1. Milho:

As concentrações do extrato aquoso das plantas de adubação verde influenciaram as variáveis de maneira diferente. A concentração do extrato alterou a germinação das sementes de milho somente na maior concentração dos extratos (Figura 1. A), tampouco houve diferenciação entre as plantas de adubação verde. De igual forma, Faria et al., (2009) não observaram diferenças na germinação do milho utilizando extratos de *Pennisetum americanum* e *Stizolobium aterrimum*.



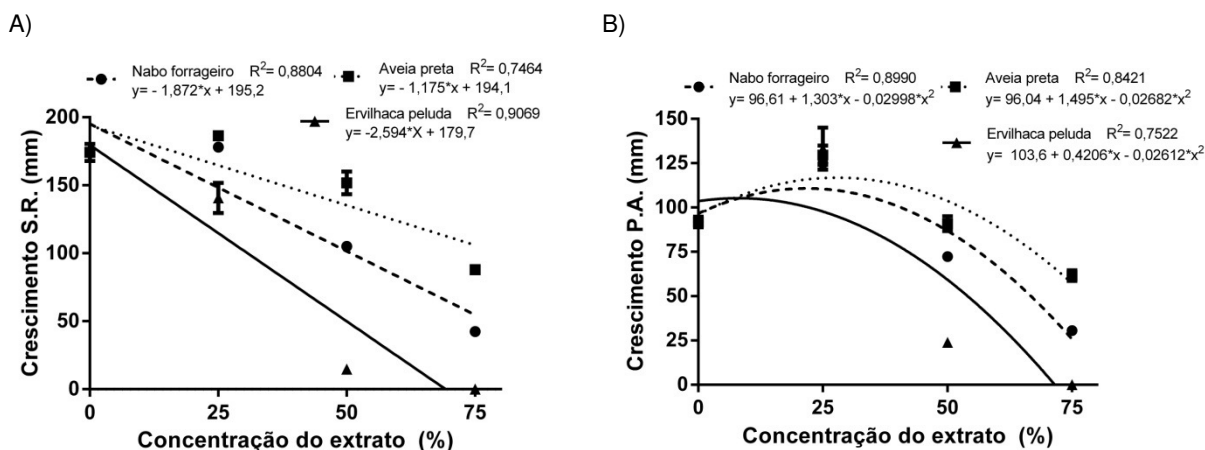
**Figura 2.** Efeito das concentrações de extrato aquoso das PAV sobre a germinação e IVG do milho (*Zea mays* cv. PRE 22D11). A) A linha apresenta a média geral da germinação com os diferentes extratos em modelo linear, onde Y representa a germinação das sementes de milho (%) nas diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem para nabo forrageiro e aveia preta e linear para ervilhaca, onde Y representa o Índice de Velocidade de Germinação das sementes (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X.

O aumento na concentração do extrato aquoso de ervilhaca peluda até 75 % não prejudicou o índice de velocidade de germinação do milho (Figura 1. B). Por outro lado, na concentração mais alta o extrato aquoso de nabo forrageiro reduziu significativamente esse parâmetro. O extrato aquoso de aveia preta não prejudicou o IVG das sementes de milho, contudo na menor concentração (25 %), assim como observado para nabo forrageiro, acelerou o IVG. Estes resultados diferem dos observados por Bulegon et al., (2015) em que a os extratos de aveia preta reduziram

a germinação e o IVG de sementes de alfaca.

O estímulo do IVG na concentração mais baixa pode ser explicado por meio da teoria da hormesis que segundo Mattson (2010) descreve qualquer processo em que uma célula, organismo ou grupo de organismos exiba uma resposta bifásica à exposição a quantidades crescentes de uma substância ou condição, onde as exposições de baixa dose provocam uma resposta estimulante ou benéfica, enquanto doses altas causam inibição ou toxicidade.

As variáveis crescimento da parte aérea e crescimento da raiz do milho foram afetadas pelos extratos aquosos das três espécies de plantas de adubação verde. O crescimento da raiz apresentou comportamento linear decrescente, em resposta ao aumento da concentração dos extratos, sendo o de ervilhaca com maior fitotoxicidade ([Fotografias 38, 39 e 40](#)), seguido pelo de nabo forrageiro ([Fotografias 32, 33 e 34](#)) e aveia preta ([Fotografias 35, 36 e 37](#)) respectivamente. Esta última inibiu o crescimento da raiz apenas na concentração de 75% (Figura 2. A). Navas e Pereira, (2016) também relataram redução no crescimento radicular de plântulas de alfaca quando expostas ao extrato aquoso de nabo forrageiro.



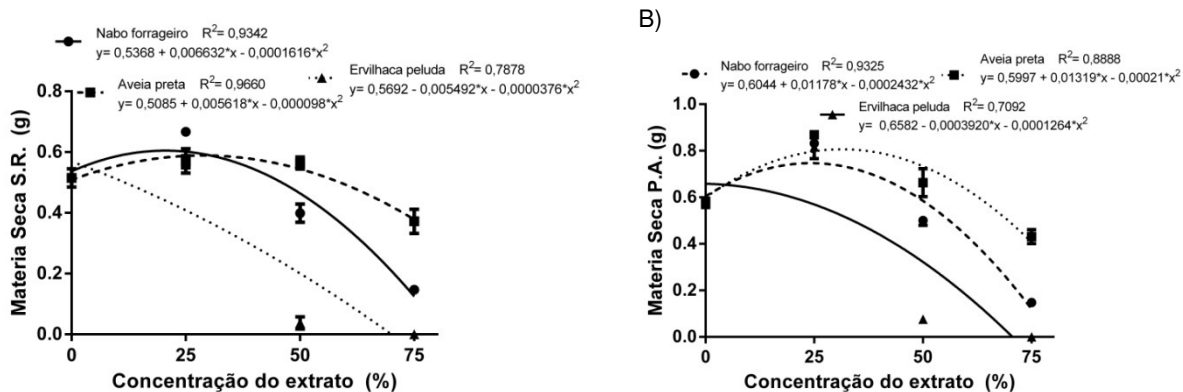
**Figura 3.** Efeito das concentrações de extrato aquoso das PAV sobre o vigor das plântulas de milho (*Zea mays* cv. PRE 22D11). A) As linhas apresentam modelo linear, onde Y representa o crescimento do sistema radicular das plântulas de milho (%) nas diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o crescimento da parte aérea das plântulas de milho (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018.

A redução do sistema radicular das plântulas de milho pode estar relacionada a presença dos compostos fenólicos responsáveis pela inibição do crescimento da raiz e da divisão celular, como é o caso do ácido cinâmico e das cumarinas (LI et al.,

2010).

O crescimento e a massa seca da parte aérea e a massa seca de raiz (Figura 2 B e 3 A e B), diferentemente do observado para o comprimento do sistema radicular, foi melhor ajustado pelo modelo polinomial de segunda ordem, em que a concentração de 25% promoveu incremento no crescimento e massa seca da parte aérea e massa seca de raiz. A partir dessa concentração houve tendência de diminuição, tanto no crescimento quanto na massa seca de parte aérea e raiz.

Semelhante ao observado para o crescimento de raiz, maior fitotoxicidade foi promovida pelo extrato aquoso de ervilhaca, seguido pelo nabo forrageiro e aveia preta respectivamente.



A)

**Figura 4.** Efeito das concentrações de extrato aquoso das PAV sobre a matéria seca das plântulas de milho (*Zea mays* cv. PRE 22D11). A) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o peso da matéria seca do sistema radicular das plântulas de milho (%) nas diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o peso da matéria seca da parte aérea das plântulas de milho (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018.

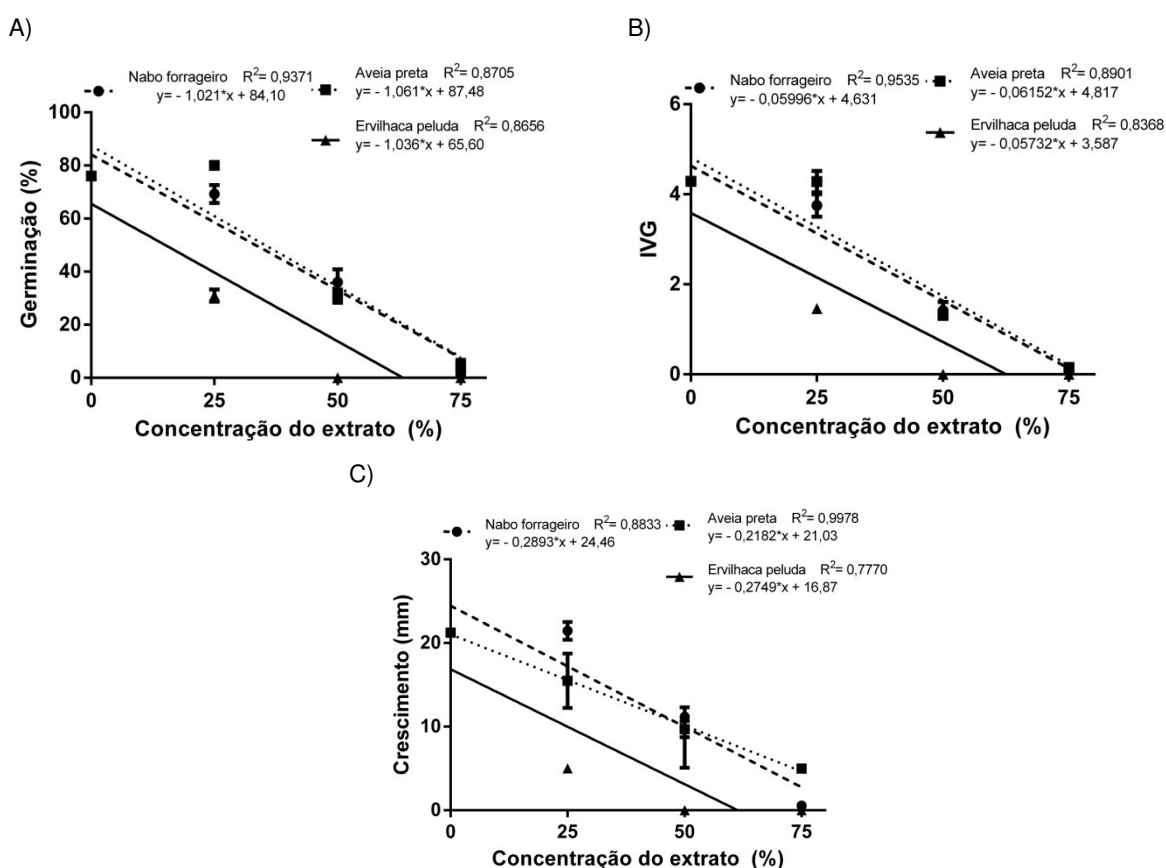
O efeito estimulatório em baixas concentrações e o efeito tóxico em concentrações mais elevadas do extrato aquoso da parte aérea das plantas de adubação verde no IVG, crescimento e peso de matéria seca da parte aérea pressupõe um efeito de hormesis desses extratos.

#### 4.3.2.2. *Amaranthus spinosus*

O extrato aquoso das plantas de adubação verde reduziu significativamente a germinação e o vigor das sementes de *A. spinosus*, apresentando comportamento linear decrescente em função do aumento da concentração dos extratos (Figuras 4. A, B e C). O extrato aquoso de ervilhaca foi

mais prejudicial à qualidade fisiológica das sementes de *A. spinosus* do que os demais extratos, os quais não se diferiram entre si. A ervilhaca peluda reduziu à zero a germinação e o IVG já aos 50% de concentração do extrato ([Fotografias 45 e 46](#)), onde as demais plantas de adubação verde reduziram em torno de 50% a germinação e o IVG.

Resultados semelhantes foram encontrados por Pires, et al. (2001), ao testarem diferentes concentrações de extrato de *Leucaena leucocephala* na germinação de sementes de *Amaranthus hybridus*. Os autores verificaram acentuada redução na germinação já na concentração de 25%, diminuindo a 0% na concentração de 50% do extrato.



**Figura 5.** Efeito das concentrações de extrato aquoso das PAV durante a fase de desenvolvimento inicial do *A. spinosus*. A) As linhas apresentam modelo polinomial linear, onde Y representa a germinação (%) nas diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo linear, onde Y representa o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X. C) As linhas apresentam modelo linear, onde Y representa o crescimento inicial das plântulas de *A. spinosus* (mm) sobre diferentes concentrações dos extratos (%), X. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018.

Embora os extratos das plantas de adubação verde tenham interferido na

qualidade fisiológica das sementes de milho, as sementes de *A. spinosus* apresentaram maior sensibilidade aos extratos. Desta forma, sugere-se que a utilização de plantas de adubação verde, além de possibilitar uma melhoria nas condições físicas e químicas do solo, possa controlar a incidência de plantas espontâneas, tanto pela limitação física imposta à sua germinação como pela ação de compostos alelopáticos liberados pela decomposição das plantas de adubação verde.

A decomposição de resíduos vegetais destaca-se como uma das principais fontes de liberação de aleloquímicos no solo. Depois de liberados no ambiente esses compostos químicos precisam ser absorvidos pela planta alvo, podendo a partir daí, atuar na fisiologia das plantas, alterando os processos de divisão e alongamento celular e modificando a ultraestrutura celular e, com isso, podendo afetar a dinâmica populacional da comunidade vegetal (POLITYCKA, 1999; EINHELLIG, 2004; SAMPIETRO et al., 2006).

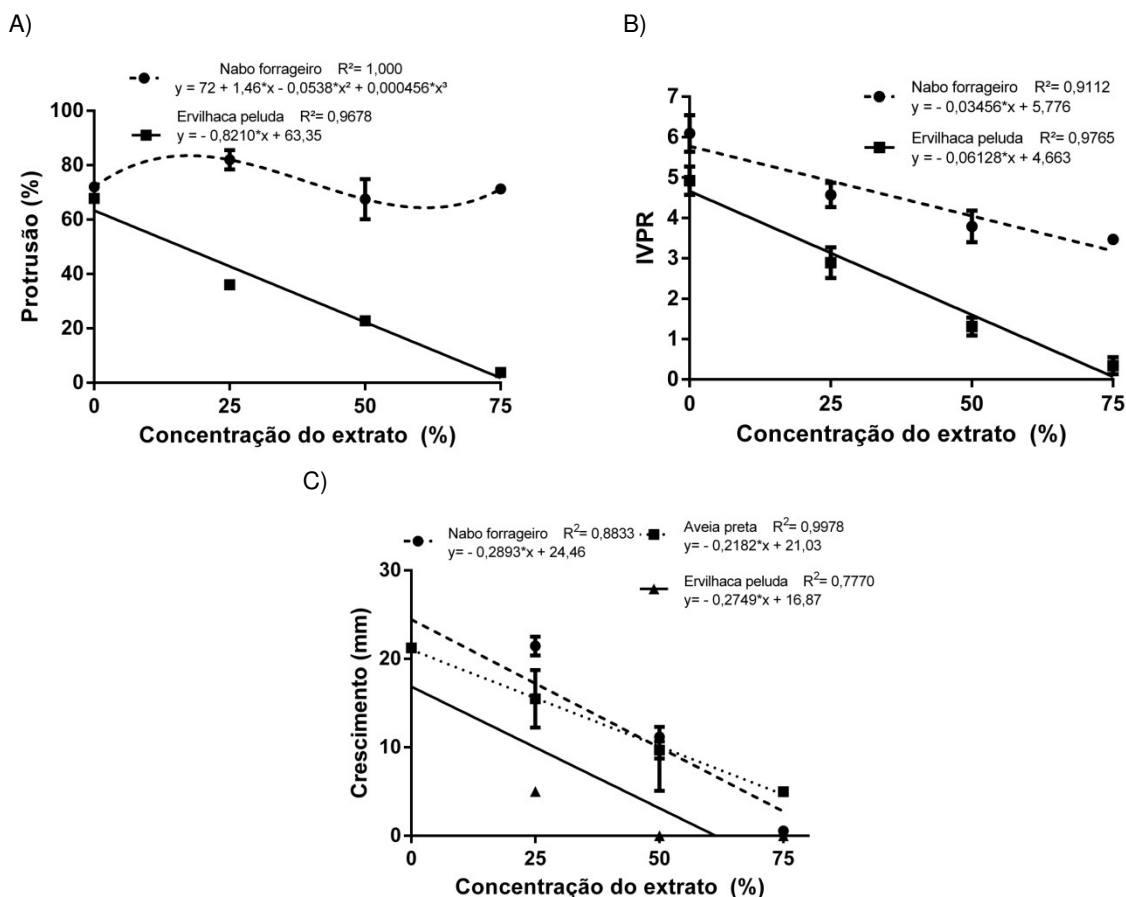
#### 4.3.2.3. *Ipomoea grandifolia*

Na *I. grandifolia* os testes de germinação e de índice de velocidade de germinação foram substituídos pelos testes de protrusão radicular e o índice de velocidade de protrusão radicular, uma vez que esta se debilitava rapidamente, dificultando a análise de plântulas normais.

O extrato aquoso de nabo forrageiro não prejudicou a protrusão radicular da *I. grandifolia*, contudo o de ervilhaca reduziu o valor a próximo de zero na concentração de 75% de extrato (Figura 5. A) além de apresentar grande presença de fungo ([Fotografia 42](#)). Valores semelhantes foram obtidos por Araújo, (2010) onde foi verificado que com o aumento da concentração do extrato de *Crotalaria juncea* ocorreu a queda na germinação de sementes de *I. grandifolia*.

Para o IVPR, ambos os extratos aquosos afetaram negativamente esse parâmetro, sendo o extrato de ervilhaca mais fitotóxico do que o de nabo forrageiro (Figura 5. B). A diminuição da protrusão radicular da *I. grandifolia* na presença do extrato de parte aérea de ervilhaca peluda vem ao encontro dos estudos realizados por Medeiros & Lucchesi (1993), onde nas concentrações do extrato aquoso à 75% e 100% não ocorreu a germinação das sementes de alface.





**Figura 6.** Efeito das concentrações de extrato aquoso das plantas de adubação verde na fase de desenvolvimento inicial *I. grandifolia*. A) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa a protrusão (%) nas diferentes concentrações (%) X. B) As linhas apresentam modelo linear, onde Y representa o Índice de Velocidade de Protrusão Radicular (IVG) sobre as diferentes concentrações dos extratos (%), X. C) As linhas apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o crescimento inicial das plântulas de *I. grandifolia* (mm) sobre diferentes concentrações dos extratos (%), X. UFFS, Laranjeiras do Sul – PR, 2018.

O comprimento das plântulas de *I. grandifolia* foram afetados com o aumento da concentração do extrato das plantas de adubação verde, nas concentrações de 50% e 75% a planta que mais afetou o crescimento foi o nabo forrageiro, tendo para ambas espécies um comportamento decrescente com relação ao aumento da concentração ([Fotografia 43 e 44](#)).

Almeida et al. (2008) acrescentam que grande parte dos aleloquímicos atuam no estresse oxidativo, produzindo espécies reativas de oxigênio, podendo atuar diretamente ou como sinalizadores para os processos de degradação celular, impedindo assim a germinação e o desenvolvimento das plântulas, bem como processos fisiológicos vitais às plantas, o que poderia explicar a baixa germinação em altas concentrações dos extratos, uma vez que testes específicos não foram

realizados para determinar essa influência.

#### 4.4. CONCLUSÕES

A fitotoxicidade dos extratos aquosos das plantas de adubação verde é dependente da concentração e da espécie receptora.

Altas concentrações dos extratos afetam o vigor do milho e das plantas espontâneas.

As plantas espontâneas apresentam maior sensibilidade aos extratos das plantas de adubação verde do que a cultura do milho

A planta de adubação verde com maior potencial fitotóxico a germinação e ao vigor do milho foi a ervilhaca peluda, seguida pela aveia preta e nabo forrageiro.

A planta de adubação verde que apresentou maior concentração de fenóis totais foi a ervilhaca peluda, seguida pelo nabo forrageiro e pela aveia preta.

Os compostos fenólicos que apareceram em maior frequência nas amostras de parte aérea foram ácido benzóico e ácido *p*-cumárico, seguidos pelo ácido ferúlico e ácido *p*-hidroxibenzóico.

## REFERENCIAS

- ALMEIDA, G. D. de. ZUCOLOTO, M. ZETUN, M. C. COELHO, I. SOBREIR, F. M. **Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos**. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, v. 61, n. 1, p. 4237-4247, 2008.
- ALTIERI, M. A.; LANA, M. A.; BITTENCOURT, H.V.; KIELING, A.S.; COMIN, J. J.; LOVATO, P. E. **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, 2011.
- ANVISA. **Mercado e Regulação de Agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www.consea.pr.gov.br/arquivos/File/ANEXO4AGROTOXICOSCONSEAPR.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2016.
- ARAÚJO, E. O.; DO ESPIRITO SANTO, C. L.; SANTANA, C. N. **Potencial Alelopático de Extratos Vegetais de Crotalaria juncea sobre Germinação de Plantas Daninhas**. Revista Brasileira de Agroecologia, [S.l.], v. 5, n. 2, dec. 2010. ISSN 1980-9735. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/9728>. Acesso em: 17 june 2018.
- BÀRBERI, P. **Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues?** Weed Research, Oxford, v. 42, p. 177- 193, 2002.
- BAZIRAMAKENGA, R.; LEROUX, G. D.; SIMARD, R. R. **Effects of benzoic and cinnamic acids on membrane permeability of soybean roots**. *Journal of Chemical Ecology*. (1995) 21: 1271. <https://doi.org/10.1007/BF02027561>.
- BERGMARK, C. L.; JACKSON, W. A.; VOLK, R. J.; BLUM, U. **Differential inhibition by ferulic acid of nitrate and ammonium uptake in Zea mays L.** *Plant Physiol*. 98, 639-645. 1992.
- BITTENCOURT, H. V. H. **Ecologia da germinação e potencial alelopático de capim-annoni-2 (Eragrostis plana Nees)**. Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2017.
- BITTENCOURT, H. V. H.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J.; LANA, M. A.; ALTIERI, M. A. **Produtividade de feijão- feijão - guará e efeito supressivo de culturas de cobertura de inverno em espontâneas de verão**. n. 1997, p. 689–694, 2009.
- BLUM, U. Fate of Phenolic Allelochemicals in Soils – the Role of Soil and Rhizosphere Microorganisms. In MACIAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MOLINILLO, J. M. G.; CUTLER H. G. **Allelopathy : chemistry and mode of action of allelochemicals**. 2004.
- BLUM, U. **The Value of Model Plant—Microbe—Soil Systems for Understanding Processes Associated with Allelopathic Interaction**. *Allelopathy*. December 9, 1994, 127-131. DOI:10.1021/bk-1995-0582.ch009. In: *ACS Symposium Series*, Vol. 582. 1995.
- BLUM, U. **Allelopathic Interactions Involving Phenolic Acids**. Journal of Nematology. V. 28. N. 3. Setembro de 1996.

BOOKER, F. L.; BLUM, U.; FISCUS, E. L. **Short-term effects of ferulic acid on ion uptake and water relations in cucumber seedlings.** *Journal of Experimental Botany, Volume 43, Issue 5, 1 May 1992, Pages 649–655, <https://doi.org/10.1093/jxb/43.5.649>.*

BRASIL, MAPA. **Regras para Análise de Sementes.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, - Brasília : Mapa/ACS, 2009.

BRASS, F. E. B. **Análise de atividade alelopática de extrato aquoso de falsa murta sobre a germinação de picão-preto e *A. spinosus*.** Centro Científico Conhecer - ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Goiânia, vol.5, n.8, 2009.

BRUNO, C. L. S.; COSTA, L. H. M.; MONTALLI, M. H.; CARVALHO, J. P.; SILVA, R. A. **Plantas de cobertura no sistema plantio direto.** Revista Conexão Eletrônica. v. 14, n. 1, p. 611–619, 2017.

BULEGON, L. G.; MEINERZ, C. C.; CASTAGNARA, D. D.; BATTISTUS, A. G.; GUIMARÃES, V. F.; NERES, M. A. **Alelopatia de espécies forrageiras sobre a germinação e atividade de peroxidase em alface.** Scientia Agraria Paranaensis – SAP; ISSN: 1983-1471 Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, abr./jun., p. 94-99, 2015.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. **Defning hormesis. Human & Experimental Toxicology,** Hampshire, v. 21, n. 1, p. 91-97, 2002.

CALEGARI, A. **Plantas de cobertura.** Capítulo 5 *in* Sistema plantio direto com qualidade. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 212 p., 2006.

CARNEIRO, F. F. **Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde.** 2. ed. São Paulo, SP.: Editora Expressão Popular, 2015.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. **Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais associados a herbicidas residuais no desenvolvimento da cultura da soja.** Bragantia, v.65, n.3, p.421-432, 2006.

COSTA, B. B. **Adubação verde no sul do Brasil – 2 ed.** – Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

EINHELLIG, F. F. Mode of Allelochemical Action of Phenolic Compounds. *In* MACIAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MOLINILLO, J. M. G.; CUTLER H. G. **Allelopathy : chemistry and mode of action of allelochemicals.** Boca Raton: CRC Press, 2004, p. 217–238. 2004.

FARIA, T. M.; GOMES JÚNIOR, F. G.; SÁ, M. E.; CASSIOLATO, A. M. R. **Efeitos alelopáticos de extratos vegetais na germinação, colonização micorrízica e crescimento inicial de milho, soja e feijão.** Revista Brasileira de Ciência do Solo [on line] 2009, 33 (Novembro-Dezembro), Data de acesso: 17 de junho de 2018. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180215871011>. ISSN 0100-0683

KRZYZANOWSKI, C. K. et al, **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina, ABRATES, 218 p. 1999.

MAGUIRE, J.D. **Speed of germination-aid selection and avaluation for seedling emergence and vigor.** Crop Sci. V.2, p. 176-7. 1962.

MATTSON, M. P.; CALABRESE, E. J. Hormesis: o que é e por que isso importa. *In*: Mattson M., Calabrese E. (eds) **Hormesis.** Humana Press, p 1-13. 2010.

MEDEIROS, A. R. M.; LUCCHESI, A. A. **Efeitos alelopáticos da ervilhaca (*Vicia sativa* L.) sobre a alface em testes de laboratório.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.28, n.1, p. 9-14, janeiro 1993.

MOLISCH, H. **Der EinflusseinerPflanzeauf die andereAllelopathie.** Jena, Fischer. 1937.

NAVAS, R.; PEREIRA, M. R. R. **Efeito alelopático de *Raphanus sativus* em *Urochloa decumbens* e *Lactuca sativa*.** Revista Agro@mbiente On-line, v. 10, n. 3, p. 228-234, julho-setembro, 2016.

PIRES, N. de M.; PRATES, H. T.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA JR., R. S.; FARIA, T. C. L. **Atividade alelopática da *Leucena* sobre espécies de Plantas daninhas.** Scientia agrícola, v.58, n. 1, Piracicaba jan./mar. 2001.

POLITYCKA, B. **Ethylene-dependent activity of phenylalanine ammonia-lyase and lignin formation in cucumber roots exposed to phenolic allelochemicals.** *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, vol. 68, n. 2, p. 123-127. 1999. <https://doi.org/10.5586/asbp.1999.018>.

RICE, E. L. **Allelopathy.** Academic Press, New York, 422. 1984.

SAMPIETRO, D.A.; VATTUONE, M.A.; ISLA, M.I. **Plant growth inhibitors isolated from sugarcane (*Saccharum officinarum*) straw.** *Journal of Plant Physiology*, vol. 163, n. 8, p. 837-846. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.08.002>.

SANTIN, R.; LAJÚS, C. R.; KLEIN, C. **Potencial alelopático de diferentes extratos de aveia, azevém, nabo e consórcio no crescimento inicial do milho em laboratório e a campo.** Revista Científica Eletrônica de Agronomia – ISSN: 1677-0293. n. 32 – Dezembro de 2017.

SIQUEIRA, J. O.; NAIR, M. G.; HAMMERSCHMIDT, R.; SAFIR, G. R., **Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems.** *Critical Reviews in Plant Sciences*. V. 10, p. 63-121. 1991.

SOUZA, M; KUHNEN, S; KAZAMA, D. C. S; KURTZ, C; TRAPP, T; MÜLLER Jr., V; COMIN, J. J. **Predição dos teores de compostos fenólicos e flavonoides na parte aérea das espécies *Secale cereale* L., *Avena strigosa* L. e *Raphanus sativus* L. Por meio de espectroscopia no infravermelho próximo (NIR).** Química Nova, Vol. 40, No. 9, 1074-1081, 2017.

## CAPÍTULO IV

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DA  
DEGRADAÇÃO DA PALHADA DE  
PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE NA  
EMERGÊNCIA E NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DO  
MILHO.**

## 5. POTENCIAL ALELOPÁTICO DA DEGRADAÇÃO DA PALHADA DE PLANTAS DE ADUBAÇÃO VERDE NA EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO

**Resumo:** Plantas de adubação verde têm sido comumente utilizadas em sistemas de plantio direto, com a finalidade de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, além de possibilitar o mínimo revolvimento, a diminuição do uso de herbicidas e a transição agroecológica. No entanto, certos cuidados com incompatibilidade de culturas antecessoras com espécies comerciais devem ser levados em consideração, uma vez que algumas plantas possuem efeitos alelopáticos que podem interferir no desenvolvimento inicial e diminuir a produtividade das culturas. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos alelopáticos das plantas de adubação verde nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth) sobre o desenvolvimento inicial do milho (*Zea mays* L.). O bioensaio foi desenvolvido em casa de vegetação e as análises cromatográficas foram realizadas na central de análises da Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Laranjeiras do Sul – PR. Bandejas contendo substrato foram distribuídas aleatoriamente sobre a bancada onde sobre estas foram colocadas as palhadas das plantas de adubação verde e posteriormente foram plantadas as sementes de milho, sendo 25 sementes em cada bandeja, totalizando 100 sementes para cada tratamento. Diariamente foi avaliado o índice de velocidade de emergência e ao final de dez dias foram analisadas emergência total, clorofila A, B e Total, área foliar e matéria seca da parte aérea. A irrigação foi realizada manualmente, sendo fornecidas quantidades iguais para cada repetição. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, seguindo esquema fatorial 3x4, sendo três tratamentos com plantas de adubação verde e quatro quantidades de palhada (produções mínima, média, máxima e testemunha sem palhada). As diferentes quantidades de palhada sobre o solo apresentaram diferenças significativas para as variáveis analisadas, sendo a palhada de ervilhaca peluda a que apresentou maiores efeitos negativos para o desenvolvimento inicial do milho, reduzindo em 45% a emergência e em 43% a matéria seca. O nabo forrageiro por sua vez, apresentou valores satisfatórios, não se diferenciando da testemunha. A análise cromatográfica do solo não identificou compostos aleloquímicos presentes nas amostras.

**Palavras-chave:** Agroecologia. Alelopatia. Compostos Fenólicos. *Zea mays*.

**Abstract:** Green manuring plants have been commonly used in no-tillage systems, with the purpose of improving the physical, chemical and biological characteristics of the soil, in addition to allowing the minimum of rotation, the reduction of herbicide use and the agroecological transition. However, certain precautions with incompatibility of predecessor crops with commercial species should be taken into account, since some plants have allelopathic effects that may interfere with initial development and decrease crop productivity. In this way, the present work aims to evaluate the allelopathic effects of the green manure forage (*Raphanus sativus* L.), black oats (*Avena strigosa* Schreb) and hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) on the initial development of maize (*Zea mays* L.). The bioassay was developed in a greenhouse and the chromatographic analyzes were performed at the analysis center of the Federal University of the Southern Border - Laranjeiras do Sul - PR campus. Trays containing substrate were randomly distributed on the bench where the green manure plants were placed on them and later the maize seeds were planted, 25 seeds in each tray, totaling 100 seeds for each treatment. Daily the emergency speed index was evaluated and at the end of ten days, total emergence, chlorophyll A, B and Total, leaf area and shoot dry matter were analyzed. The experimental design was a completely randomized design, following a 3x4 factorial scheme, three treatments with green manure and four litter quantities (minimum, medium, maximum and no straw yield). The different amounts of straw on the soil showed significant differences for the analyzed variables, being the hairy vetch straw that presented the greatest negative effects for the initial development of maize, reducing the emergence by 45% and the dry matter by 43%. Forage turnip yielded satisfactory values, not differing from the control. The chromatographic analysis of the soil did not identify allelochemical compounds present in the samples.

**Keywords:** Cover crops. Agroecology. Allelopathy. *Zea mays*



## 5.1. INTRODUÇÃO

O cultivo de uma cultura principal sobre restos de palhadas de um cultivo antecessor tornou-se bastante comum nos últimos anos. Esta técnica ficou conhecida como plantio direto, onde o agricultor por meios mecânicos ou químicos realiza o tombamento de uma cultura utilizada como cobertura do solo e sobre esta realiza o plantio de uma cultura principal. Uma das principais culturas utilizadas por pequenos, médios e grandes agricultores é o milho, que anualmente tem aumentado a área plantada atingindo 80,9 milhões de hectares no ano de 2017 (IBGE, 2018).

A utilização de plantas de cobertura do solo, além de evitar problemas como a erosão do solo, busca melhorar suas qualidades físicas, químicas e biológicas, aumentando a porosidade do solo, fornecimento de nutrientes, aumento na quantidade de macro e microrganismos no solo culminando com o aumento no rendimento das culturas (CRUZ et al., 2006). Todavia, embora as culturas de cobertura utilizadas neste sistema beneficiem o solo, algumas vezes podem gerar efeitos alelopáticos à cultura principal, devido à liberação de compostos aleloquímicos através da decomposição da sua palhada.

O termo alelopatia refere-se a liberação de compostos aleloquímicos por uma planta através da exsudação radicular, volatilização nas folhas verdes, decomposição e lixiviação da palhada e que causam interferência positiva ou negativa no desenvolvimento de plantas e microrganismos adjacentes (GLIESSMAN, 2002; RICE, 1984; MOLISCH, 1937). No entanto, Blum (2004) reforça que nem todos os compostos fenólicos encontrados no solo são aleloquímicos, para que um composto fenólico possa ser considerado aleloquímico ele deve estar na forma ativa (livre e protonado) e, além disso, ele deve interagir com as plantas e estar presente em concentrações no solo que sejam capazes de modificar o comportamento microbiano ou da planta.

Estudos relacionados ao efeito alelopático entre a cultura antecessora e espécies cultivadas podem ser realizados a campo ou a nível laboratorial. Na maioria dos experimentos realizados em laboratório, avaliando o desenvolvimento inicial de uma espécie cultivada, são avaliados porcentagem de germinação das sementes, o alongamento de radículas e a massa fresca e seca de radículas e parte

aérea (FERREIRA E AQUILA, 1999). No entanto, avaliações em nível de casa de vegetação ganham um nível maior de complexidade, uma vez que passam a interagir outros fatores, como a ação de microrganismos que podem interferir nos efeitos dos compostos do metabolismo secundário (CARVALHO et al. 2012).

Entender as relações existentes entre as plantas cultivadas e as culturas antecessoras nos possibilita realizar um planejamento de sucessão e consórcio de culturas (CAPORAL; COSTABEBER; PAULUS, 2005). Não obstante, para determinar a existência da alelopatia em espécies vegetais torna-se necessário cumprir com algumas exigências, como determinar a presença de um composto aleloquímico na planta ou em parte dela, demonstrar que a liberação deste composto pela planta em níveis tóxicos e que estes são absorvidos pela planta alvo. Além disso, deve-se comprovar a campo esta interação e identificar os compostos (GLIESSMAN, 2002).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar em casa de vegetação o potencial alelopático das diferentes quantidades de palhada das plantas de adubação verde nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth.) sobre o desenvolvimento inicial do milho, bem como identificar os compostos presentes no solo oriundos da decomposição da palhada.

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste experimento seguiu-se a metodologia realizada por Carvalho et al., (2012) adaptada. O experimento foi realizado em casa de vegetação com controle de temperatura e umidade no campus da Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, durante os meses de Setembro e Outubro de 2017. O material verde foi coletado no campo demonstrativo de adubos verdes da prefeitura municipal de Saudades do Iguaçu, Paraná.

Bandejas com dimensões de 51,3 x 30,0 x 9,5 cm, foram preenchidas com 10 litros de substrato (terra:areia), em proporção 2:1 (v/v) e distribuídas ao acaso sobre a bancada da casa de vegetação ([Fotografia 49](#)). O substrato utilizado continha características físico-químicas apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Análise físico-química do solo utilizado como substrato para as bandejas. Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul – PR.

Tipo	M.O. (%)	pH (água)	Ca	Mg	K	P	V	CTC - T
			cmol(+)/dm <sup>3</sup>			(mg/dm <sup>3</sup> )		
3	2,03	5,30	1,73	1,08	0,03	2,22	26,84	10,58

Laboratório de Análises Agronômicas Maravilha LTDA.

Foram instalados quatro blocos ao acaso com os seguintes tratamentos: testemunha (T1), nabo forrageiro (T2), aveia preta (T3) e ervilhaca peluda (T4). Para cada tratamento foram utilizadas três quantidades de cobertura, mínima. Média e máxima de acordo com a Tabela 7.

**Tabela 7.** Quantidades de material fresco das plantas de adubação verde utilizados para a distribuição sobre o solo. (UFFS – campus Laranjeiras do Sul – PR)

Espécie	Distribuição (ton.ha <sup>-1</sup> )		
	Mínima (0,5)	Média (1,0)	Máxima (1,5)
<b>Nabo forrageiro</b>	20,0	40,0	60,0
<b>Aveia preta</b>	15,0	30,0	45,0
<b>Ervilhaca peluda</b>	14,0	24,5	35,0

Fonte: Calegari (2006), adaptada.

O momento do corte da aveia preta, ervilhaca peluda e nabo forrageiro, foram os recomendados por Derpsch e Calegari, (1992) para o tombamento das plantas em condições a campo. As plantas foram cortadas com aproximadamente cinco centímetros, pesadas de acordo as quantidades recomendadas para cada tratamento e colocadas sobre o substrato das bandejas a fim de formar uma cobertura homogênea.

Para a realização da semeadura do milho foram aguardados cinco dias de decomposição da palhada, estimado para liberar quantidade suficiente de compostos aleloquímicos sobre o substrato. A irrigação foi realizada manualmente com o auxílio de Becker para medir as quantidades de água e colocadas quantidades iguais em cada repetição com o auxílio de regador. As variáveis avaliadas foram: emergência, Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Clorofila *a*, *b* e Total, área foliar ocupada e peso de matéria seca da parte aérea do milho. Em laboratório foram identificados os compostos aleloquímicos presentes nas amostras

de solo retiradas em cada etapa.

### **5.2.1. Amostragem de solo, preparação e extração de compostos fenólicos do solo**

A coleta de amostra do solo no experimento foi realizada em três momentos: Na implementação do bioensaio para a avaliação das características químicas do solo no momento inicial, na semeadura do milho, quando certa quantidade de compostos teria sido liberada pela decomposição da palhada e na avaliação final do milho, aos dez dias após a semeadura.

A coleta das amostras de solo da superfície e do fundo das bandejas foram realizadas com o auxílio de cilindro de inox ([Fotografia 52](#)). As amostras de solo retiradas das bandejas foram armazenadas em refrigerador a temperatura de  $\pm -5$  °C. Após foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 40 °C, triturados com o auxílio de graal e pistilo, peneirados e armazenados novamente em refrigerador até o momento da análise.

As amostras de solo foram misturadas com álcool metílico em proporção de 50g de solo para 150 ml de álcool metílico e deixadas agitando durante 48 horas em incubadora refrigerada com agitador orbital “Shaker”, marca Fortinox, modelo STAR FT 38 a 200 rpm e temperatura de 20 °C ([Fotografia 53](#)).

Após este período, as amostras foram filtradas em gaze cirúrgica e centrifugadas a 1200 rpm, por 15 minutos a temperatura de 25 °C. O sobrenadante foi filtrado em papel filtro com poros de 25  $\mu$ m e posteriormente o álcool metílico foi rotoevaporado até restar uma pequena porção da mistura, a qual foi armazenada em frascos tipo vial de 2 ml para a identificação dos compostos aleloquímicos.

### **5.2.2. Identificação dos compostos fenólicos**

A identificação dos compostos fenólicos seguiu a metodologia utilizada por Dias, (2010) adaptada. A análise dos extratos foi realizada por meio de cromatógrafo gasoso com detector de massa modelo GC-2010 plus, marca Shimadzu ([Fotografia 15](#)). O equipamento foi ajustado com injetor em 300°C no modo split less e interface do espectrômetro de massa a 280°C com a fonte de íons a 260°C. O programa de temperatura do forno foi com temperatura inicial de 80°C mantida um minuto,

aumentada a 250°C a uma taxa de 15°C por minuto, permanecendo por um minuto, aumentada a 300°C a uma taxa de 4°C por minuto, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos, totalizando um tempo de análise de 30,83 minutos. O espectrômetro de massa foi ajustado para varredura em massas entre 50 e 800 ua.

A derivatização da amostra foi realizada transferindo 0,25 ml do extrato metanólico detalhado no item 5.2.1. para um vial, sendo este seco por um fluxo constante de nitrogênio, restando apenas uma fração sólida. Sobre o sólido resultante foram adicionados 30 µl de piridina (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N) e 70 µl de N,O-Bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida (BSTFA-C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>F<sub>3</sub>NOSi<sub>2</sub>). A mistura foi submetida ao aquecimento a 70°C em banho de areia por 70 minutos ([Fotografia 16](#)). Da solução resultante, 2 µl foram introduzidos manualmente na interface do cromatógrafo com uma microsseringa. Os dados obtidos foram a partir da comparação com os dados das bibliotecas internas do aparelho (NIST08, NIST08s, NIST11 e NIST11s).

### 5.2.3. Avaliação do efeito da degradação da palhada sobre o milho

Em cada repetição foram colocadas 25 sementes de milho, totalizando 100 sementes, com espaçamento entre fileiras de 10 cm e ± 3 cm entre sementes ([Fotografia 50](#)). A porcentagem de emergência foi avaliada no final de 10 dias. Após a semeadura, as unidades experimentais foram avaliadas diariamente computando-se o número de plântulas normais emergidas, de acordo com os critérios estabelecidos pela RAS, até a estabilização do estande (BRASIL, 2009). O IVE foi calculado conforme equação proposta Maguire (1962):

$$\text{IVE} = (G1/N1) + (G2/N2) + (G3/N3) + \dots + (Gn/Nn).$$

Onde: IVE: Índice de Velocidade de Emergência;

G1, G2, Gn: número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N1, N2, Nn: número de dias da semeadura à primeira, à segunda e à última contagem.

A Clorofila *a*, *b* e Total foi avaliada no final do experimento, sendo avaliada a região central do limbo foliar da última folha definitiva aberta, para este procedimento foi utilizado Clorofilômetro marca Falker, modelo CloroliLog CFL 1030 ([Fotografia](#)

[18](#)). Foram medidas dez plantas ao acaso de cada repetição e efetuada a média geral para cada repetição.

Para a mensuração da área foliar, as plântulas de milho foram cortadas rente ao solo, secadas em exsiccatas para não perder forma e facilitar a leitura ([Fotografia 54](#)). A análise da área foliar foi realizada com o auxílio do medidor de área foliar de bancada marca CID, modelo CI-203 ([Fotografia 17](#)). O peso de matéria seca foi realizado colocando a parte aérea das plântulas de milho para secar em estufa com circulação de ar forçado á 80 °C por um período de 24 horas e após pesadas em balança eletrônica de precisão.

Os dados foram submetidos a testes de hipóteses por meio da análise da variância ( $p \leq 0,05$ ), e quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e realizada curva de regressão utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

### 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.3.1. Identificação dos compostos presentes na solução do solo

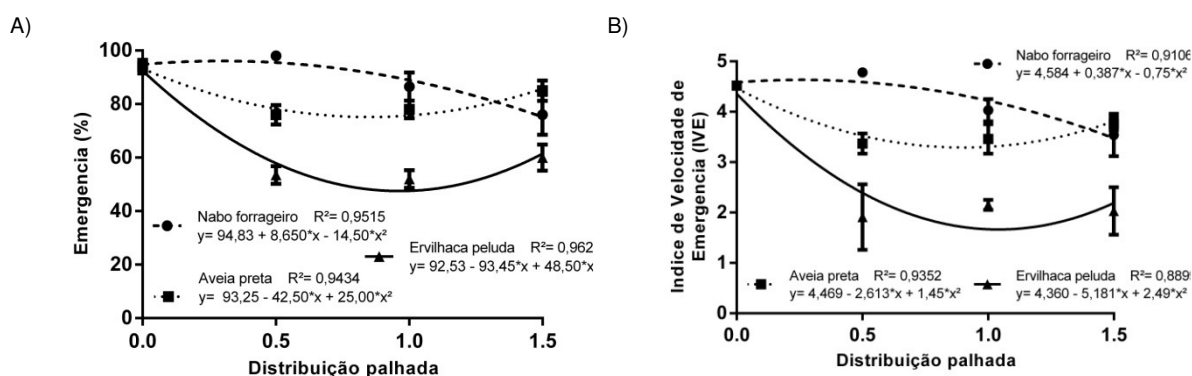
O processo de identificação dos compostos presentes na solução do solo não apresentou valores representativos nas análises. É possível que o método utilizado para a realização deste bioensaio não tenha sido eficiente para poder identificar compostos fenólicos procedentes do processo de degradação da palhada.

Suspeita-se também que a quantidade de dias deixados para a decomposição do material sobre o solo não tenha sido suficiente para a degradação e liberação dos compostos no solo. No entanto, Blum (2004) apresenta que os compostos fenólicos possuem taxas de transformação e/ou desaparecimento bastante alta em soluções do solo. Podendo haver uma rápida transformação inicial, por exemplo, a perda do grupo do ácido carboxílico dos compostos fenólicos.

#### 5.3.2. Fitotoxicidade da degradação da palhada

A porcentagem de emergência e o Índice de Velocidade de Emergência foram inversamente proporcionais à quantidade de palhada do nabo forrageiro, na medida

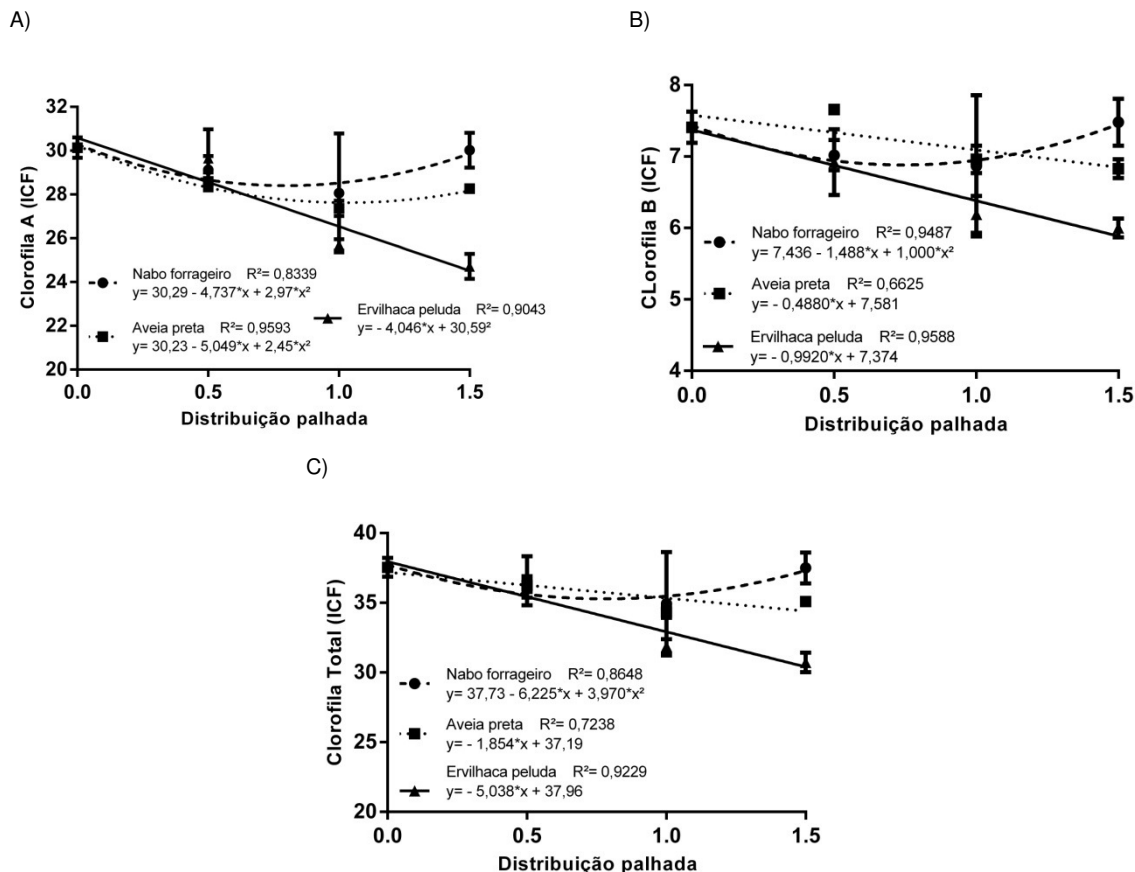
em que a quantidade de palhada sobre o solo é aumentada, o efeito tende a se tornar mais fitotóxico, diminuindo a germinação e o IVE (Figura 7). No entanto, para aveia preta e ervilhaca, com o aumento da quantidade de palhada sobre o solo, os efeitos tornam-se menos prejudiciais. Spiazzi et al., (2011) obtiveram resultados semelhantes ao avaliar o efeito da palhada de nabo e aveia sobre o desenvolvimento inicial do milho, onde a produtividade média de palhada do nabo sobre o solo reduziu em 11% o IVE do milho, igualando ao encontrado no presente estudo.



**Figura 7.** Evolução da emergência (Gráfico A) e do Índice de Velocidade de Emergência (Gráfico B) em resposta à distribuição de palhada sobre o solo. As linhas do Gráfico A apresentam modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa a Emergência das sementes de milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. O Gráfico B apresenta linhas com modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa o Índice de Velocidade de Emergência do milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo.

Em baixa quantidade de matéria fresca de ervilhaca peluda e aveia preta diminui a emergência e o IVE do milho. As quantidades média e máxima de aveia preta e nabo forrageiro por sua vez, indicam condições apropriadas para o desenvolvimento inicial das plântulas de milho. Todavia, a quantidade média de palhada de ervilhaca peluda reduziu em 45% a emergência e 53% o IVE das plântulas de milho em comparação com a testemunha.

A análise de clorofilas *a*, *b* e Total (Figura 8) apresentaram diferenças somente para a máxima produtividade de ervilhaca peluda, sendo que esta apresentou efeitos negativos próximos à 20%. Rego e Possamai, (2004) apontam que o índice de clorofila é de fundamental importância para poder estimar o potencial fotossintético das plantas, o teor de clorofila nas plantas está ligado ao teor de N nas plantas e conseqüentemente ao rendimento das culturas (ARGENTA, SILVA E BORTOLINI, 2001).

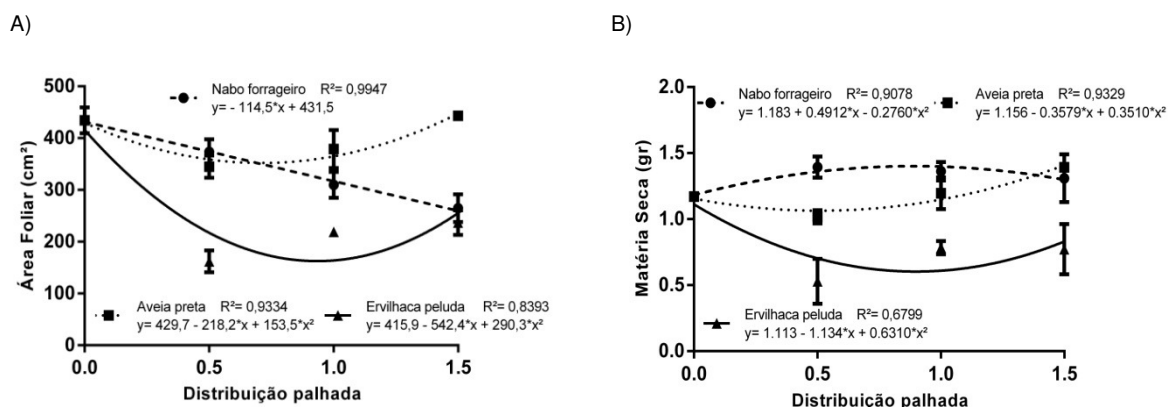


**Figura 8.** Índices de Clorofila *a*, *b* e Clorofila Total em resposta á distribuição de palhada sobre o solo. As linhas do Gráfico A apresentam modelo polinomial de segunda ordem para nabo forrageiro e aveia preta e Linear para ervilhaca peluda, onde Y representa a Clorofila *a* das plântulas de milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. O Gráfico B apresenta linhas com modelo polinomial de segunda ordem para nabo forrageiro e Linear para aveia preta e ervilhaca peluda, onde Y representa a Clorofila *b* das plântulas de milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. O Gráfico C apresenta linhas com modelo polinomial de segunda ordem para nabo forrageiro e linear para aveia preta e ervilhaca peluda, onde Y representa a Clorofila Total das plântulas de milho (%) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. (ICF – Índice de Clorofila Falker)

A área foliar das plântulas de milho possui comportamento distinto de acordo com a cultura utilizada como palhada e de acordo com a quantidade de palhada distribuída sobre o solo (Figura 9). A ervilhaca peluda apresentou queda de 63% em relação a testemunha na menor distribuição de palhada, aumentando a área foliar de acordo com o aumento da quantidade de palhada sobre o solo.

Comportamento similar, porém menos acentuado, observa-se para a aveia preta, onde com maior quantidade de palhada há um melhor desempenho das plântulas. O nabo forrageiro, no entanto, apresentou queda nos valores de área foliar de acordo com o aumento da quantidade de palhada sobre o solo, chegando a uma redução de 40% na área foliar do milho em relação a testemunha.





**Figura 9.** Análise de área foliar (Gráfico A) e matéria seca (Gráfico B) da parte aérea das plântulas de milho em relação aos diferentes tratamentos e distribuição da palhada sobre o solo. As linhas do Gráfico A apresentam modelo polinomial de segunda ordem para aveia preta e ervilhaca peluda e Linear para nabo forrageiro, onde Y representa a área foliar em cm<sup>2</sup> e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo. O Gráfico B apresenta linhas com modelo polinomial de segunda ordem, onde Y representa a matéria seca das plântulas de milho (gr) e X representa as diferentes distribuições de palhada sobre o solo.

A matéria seca das plântulas de milho apresentada na Figura 9. B, demonstra que a ervilhaca novamente apresenta valores inferiores aos encontrados para o nabo forrageiro e aveia preta, onde a menor quantidade de matéria fresca reduziu em até 55% a matéria seca da parte aérea do milho. As linhas de tendência apresentam comportamento similar à Figura 9. A, diferenciando-se somente à linha do nabo forrageiro. Viecelli et al. (2009) apresentam resultados semelhantes do efeito da palhada de ervilhaca sobre o desenvolvimento inicial do milho, onde a diferentes quantidades de palhada distribuídas sobre o solo ocorre uma diminuição na parte aérea do milho.

A quantidade de palhada das plantas de adubação verde sobre o solo influenciou em todas as variáveis analisadas, de forma que, a palhada da ervilhaca foi a que apresentou maior efeito negativo em relação às demais palhadas, o nabo forrageiro por sua vez, apresentou menor interferência no desenvolvimento inicial das plântulas de milho.

#### 5.4. CONCLUSÕES

A quantidade de palhada de nabo forrageiro e de aveia preta sobre o solo não interferiu na emergência e no vigor do milho.

A palhada da ervilhaca peluda demonstrou ser prejudicial para o desenvolvimento inicial do milho, afetando a germinação e o vigor.

Todavia, estudos mais aprofundados analisando a interferência do ambiente nas relações solo-planta-microrganismos devem ser realizados para a comprovação destes resultados, além de uma análise diferenciada para comprovar a existência de compostos aleloquímicos no solo.

## REFERENCIAS

- ARGENTA G.; SILVA P. R. F.; BORTOLINI C. G. **Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais**. *Ciência Rural* 31. n. 04. Pg 715-722. ISSN 0103-8478. 2001. Santa Maria – RS, 2001.
- BLUM, U. Fate of Phenolic Allelochemicals in Soils – the Role of Soil and Rhizosphere Microorganisms. *In* MACIAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MOLINILLO, J. M. G.; CUTLER H. G. **Allelopathy : chemistry and mode of action of allelochemicals**. 2004.
- CALEGARI, A. **Plantas de cobertura**. Capítulo 5 *in* Sistema plantio direto com qualidade. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 212 p., 2006.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. **Agroecologia: Matriz disciplinar ou novo paradigma para o desenvolvimento rural sustentável**. 2005 *In*: Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade / Francisco Roberto Caporal (org.). José Antônio Costabeber. Gervásio Paulus. – Brasília: 111 p. 2009.
- CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; FONSECA, G.; ANDRADE, L.; VALACI, F.; OLIVEIRA, D. P. **Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris L.)**. *Revista Brasileira de Biociências*. Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 86-93, jan./mar. 2012.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; CONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho em Sistema Plantio Direto**. *Informe Agropecuário*, v. 27, n. 233, p. 42-53, Belo Horizonte, julho/agosto, 2006.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, 80 p. Circular: 73, Londrina-PR, 1992.
- DIAS, F. S. **Determinação de compostos fenólicos em vinhos e caracterização de vinhos elaborados na região do Vale do São Francisco Pernambuco**. Tese de doutorado – Universidade Federal da Bahia. 2010.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons**. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.
- FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. **Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia**. Palestra proferida no VII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Brasília, DF. Julho, 1999.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible**. 359 p. CATIE, Turrialba, C. R. 2002.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras**. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Sistema IBGE de Recuperação automática – SIDRA, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588>. Acesso em: 28/05/2018.

MAGUIRE, J. D. **Speed of germination-aid selection na evaluation for seedling emergence and vigor.** Crop. Sci. V. 2, p. 176-177. 1962.

MOLISCH, H. **Der EinflusseinerPflanzeauf die andere Allelopathie.** Jena, Fischer. 1937.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. **Avaliação dos Teores de Clorofila no Crescimento de Mudras do Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*).** Comunicado Técnico 128. Embrapa. ISSN 1517-5030. Colombo – PR. Dezembro, 2004.

RICE, E. L. **Allelopathy.** Academic Press, New York, 422. 1984.

SPIASSI, A.; FORTES, A. M. T.; PEREIRA, D. C.; SENEM, J.; TOMAZONI, D. **Alelopatia de palhadas de coberturas de inverno sobre o crescimento inicial de milho.** Semina: Ciências Agrárias, vol. 32, núm. 2, pp. 577-581 Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil. abril-junio, 2011.

VIECELLI, C. A.; ZATTA, L.; FREY, M. L., PRIMO, J. P., CRUZ-SILVA, C. T. A. **Influência da ervilhaca no desenvolvimento inicial de plantas de milho.** Anais do I Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente. UNIOESTE, Cascavel – Paraná – Brasil. 28 a 30 de abril de 2009.

## 6. APENDICE A - IMAGENS

### 7.1. EQUIPAMENTOS

Fotografia 6. Câmara para germinação tipo Mangelsdorf - Marca Tecnal - Modelo TE 406.



Fotografia 7. Câmara de Germinação tipo BOD - Marca Biofoco - Modelo BF2 CGFP 295.



Fotografia 8. Estufa com circulação de ar forçado, marca Ethik Technology.



Fotografia 9. Moinho de facas tipo Willey.



Fotografia 10. Incubadora refrigerada com Agitador orbital "Shaker", marca Fortinox, modelo STAR FT



Fotografia 11. Centrifuga Marca Sigma, modelo 3-16 KL.

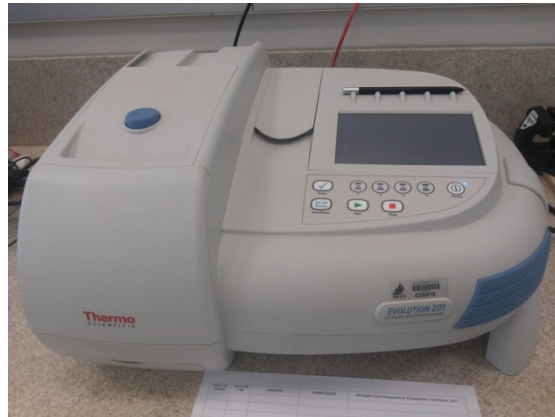




Fotografia 12. Esquema utilizado para rotoevaporação dos solventes (Rotoevaporador, bomba de vácuo).



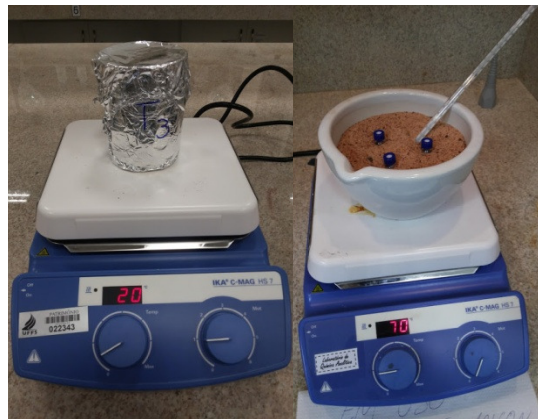
Fotografia 13. Espectrofotômetro marca Thermo Scientific, modelo Evolution 201.



Fotografia 14. Cromatógrafo gasoso com espectrofotometria de massa, Marca Shimadzu, modelo do cromatógrafo QP2010 e espectrofotômetro GC2010.



Fotografia 15. Agitador magnético marca IKA®, modelo C-MAG HS7.



Fotografia 16. Medidor de área foliar de bancada marca CID, modelo CI-203.

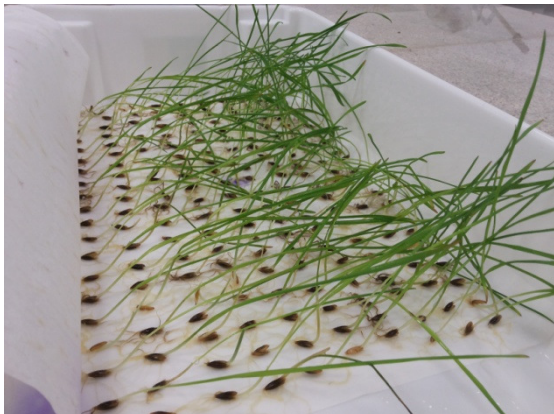


Fotografia 17. Clorofilômetro marca Falker, modelo CloroliLog CFL 1030.



## 7.2. AVALIAÇÕES

Fotografia 18. Bandeja com plântulas de aveia preta para bioensaio do exsudato radicular.



Fotografia 19. Bandeja com sementes geminadas de ervilhaca peluda para bioensaio do exsudato radicular.



Fotografia 20. Segunda contagem do IVG do milho em papel com exsudato radicular de ervilhaca peluda.



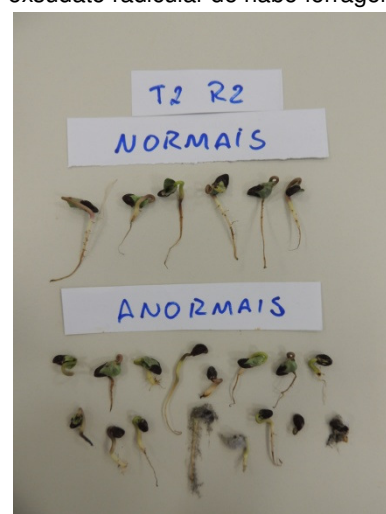
Fotografia 21. Necrose nas raízes de milho devido ao efeito fitotóxico do exsudato radicular de ervilhaca peluda sobre sementes de milho.



Fotografia 22. Plântulas testemunhas para avaliação do crescimento de *I. grandifolia*.



Fotografia 23. plântulas de *I. grandifolia* cultivadas sobre o exsudato radicular de nabo forrageiro.

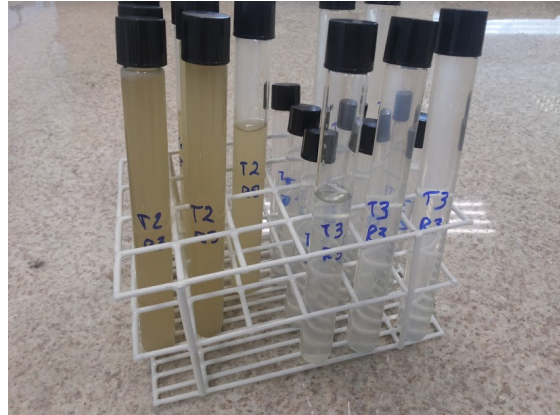




Fotografia 24. Sementes germinadas para a coleta de exsudatos radiculares para identificação dos compostos secundários.



Fotografia 25. Exsudatos radiculares das plantas de adubação verde retirados dos papéis germitest.



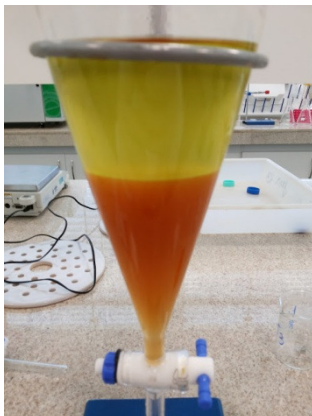
Fotografia 26. Mistura do material triturado com água destilada.



Fotografia 27. Extrato aquoso de ervilhaca peluda após o processo de filtrado.



Fotografia 28. Funil de separação para lavagem dos extratos em hexano e éter etílico.

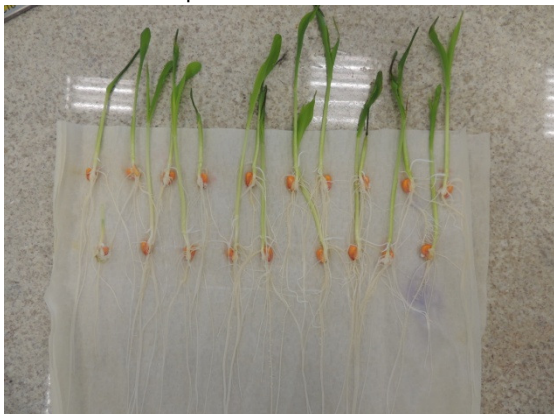


Fotografia 29. resultado da mistura realizada para a quantificação de fenóis totais.





Fotografia 30. Testemunha para o teste de crescimento das plântulas de milho.



Fotografia 31. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de nabo forrageiro à 25%.



Fotografia 32. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de nabo forrageiro à 50%.



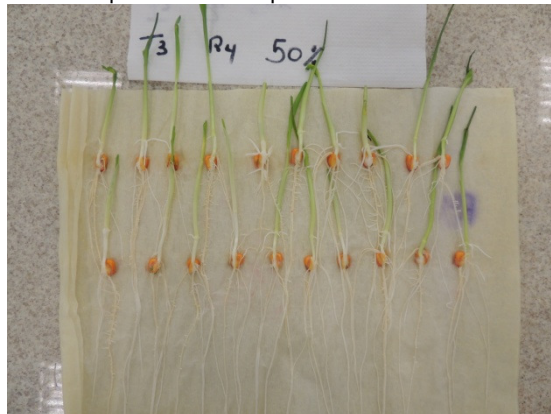
Fotografia 33. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de nabo forrageiro à 75%.



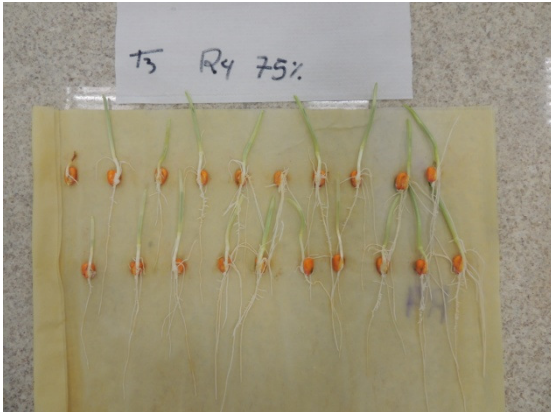
Fotografia 34. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de aveia preta à 25%.



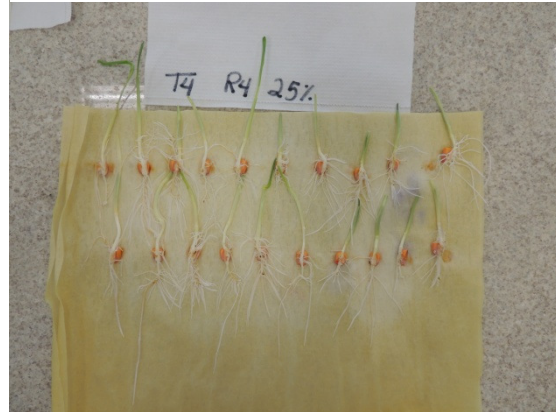
Fotografia 35. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de aveia preta à 50%.



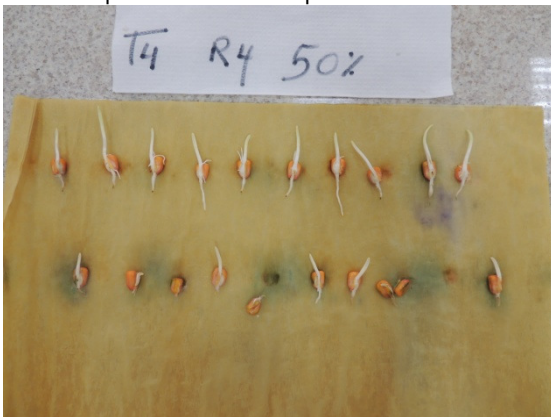
Fotografia 36. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de aveia preta à 75%.



Fotografia 37. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de ervilhaca peluda à 25%.



Fotografia 38. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de ervilhaca peluda à 50%.



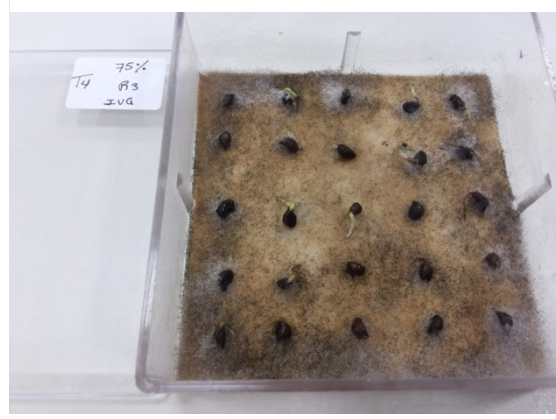
Fotografia 39. Plântulas de milho submetidas ao extrato aquoso de ervilhaca peluda à 75%.



Fotografia 40. Testemunha para a avaliação do índice de velocidade de protrusão radicular das sementes de *I. grandifolia*.

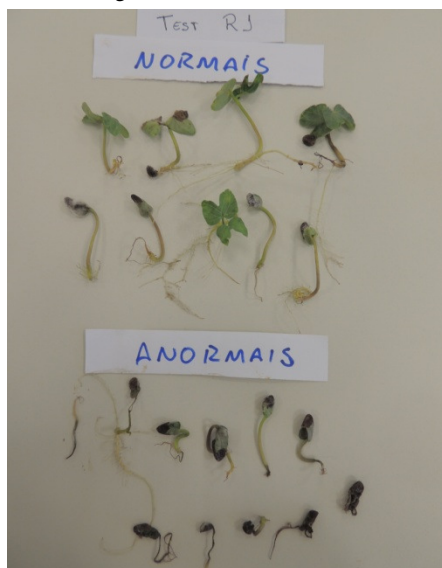


Fotografia 41. Concentração de 75% do extrato aquoso de ervilhaca peluda no índice de velocidade de protrusão radicular de *I. grandifolia*.





Fotografia 42. Crescimento da testemunha de plântulas de *I. grandifolia*.



Fotografia 43. Plântulas de *I. grandifolia* cultivadas sob papéis umedecidos com extrato de ervilhaca a 75%.



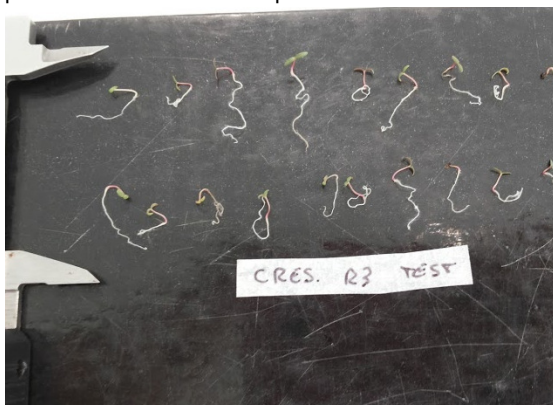
Fotografia 44. Testemunha para o crescimento de sementes de caruru de espinho.



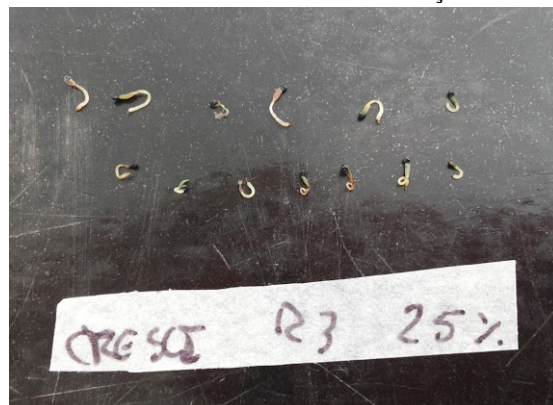
Fotografia 45. Sementes de caruru de espinho sob efeito do extrato aquoso de ervilhaca peluda na concentração de 75%.



Fotografia 46. Crescimento da testemunha de plântulas de caruru de espinho.

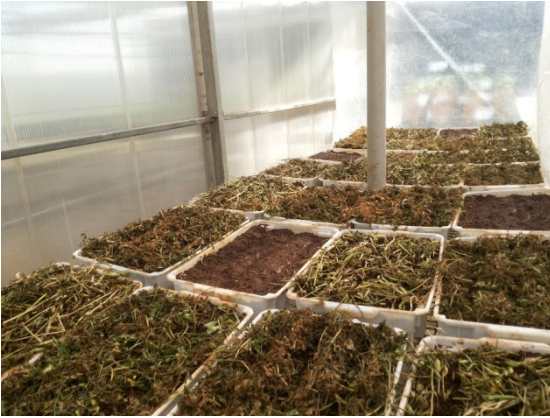


Fotografia 47. Efeito do extrato aquoso de ervilhaca sobre sementes de caruru na concentração 25%.





Fotografia 48. Bandejas em casa de vegetação para avaliação da fitotoxicidade da decomposição da palhada das plantas de adubação verde sobre o desenvolvimento inicial do milho.



Fotografia 49. Desenvolvimento inicial das plantas de milho em casa de vegetação com diferentes palhadas e concentrações. No detalhe observa-se espaço deixado para não haver supressão da



Fotografia 50. Avaliação do índice de clorofila das plântulas de milho em casa de vegetação.



Fotografia 51. Amostragem de solo para avaliação da presença de compostos secundários derivados da decomposição da palhada.



Fotografia 52. Agitação de amostras de solo em Incubadora Refrigerada com Agitação Orbital "Shaker".



Fotografia 53. Análise da área foliar do milho com o auxílio de medidor de área foliar de bancada.

