

**INFLUÊNCIA DO EXTRATO AQUOSO DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan  
SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE TRÊS BIOINDICADORAS**

Isadora Letícia Mendonça<sup>1</sup>, Bárbara Júlia dos Santos Jeanfelice<sup>1\*</sup>, Weverton Krein<sup>1</sup>, Andréa  
Maria Teixeira Fortes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Campus  
de Cascavel, Rua Universitária 1619, Bairro Universitário, Cascavel – PR, CEP: 85819-110. E-mail:  
[isadora.mendonca@unioeste.br](mailto:isadora.mendonca@unioeste.br), [barbara.jeanfelice@unioeste.br](mailto:barbara.jeanfelice@unioeste.br), [weverton.krein@unioeste.br](mailto:weverton.krein@unioeste.br),  
[andrea.fortes@unioeste.br](mailto:andrea.fortes@unioeste.br)

\*autor correspondente: [barbara.jeanfelice@unioeste.br](mailto:barbara.jeanfelice@unioeste.br)

**RESUMO:** O Sistema Agroflorestal (SAF) é uma alternativa promissora para a recuperação de áreas degradadas, promovendo a integração entre espécies nativas e cultivadas. Essa prática visa minimizar os impactos negativos da monocultura, como a exaustão do solo, ao restaurar interações ecológicas e aumentar a produtividade agrícola. Entre seus benefícios destacam-se a conservação da mata nativa e a redução do uso de agrotóxicos, graças ao potencial alelopático de algumas espécies que atuam como repelentes naturais e a melhoria da qualidade do solo por meio da incorporação de carbono e diminuição da dependência de insumos externos. Para a eficácia do SAF, é fundamental a escolha criteriosa das espécies, que devem ser adaptadas ao ambiente, eficientes na captação de nutrientes e isentas de efeitos alelopáticos negativos. Espécies da família Fabaceae são amplamente utilizadas, pois, além de contribuírem para a fertilidade do solo, estabelecem simbioses com bactérias fixadoras de nitrogênio, promovendo a ciclagem de nutrientes. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito alelopático da espécie nativa *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan sobre três bioindicadoras, sendo elas o *Solanum lycopersicum* (L.) (tomate), *Lactuca sativa* (L.) (alface) por meio de análises do processo germinativo, e sobre o crescimento e desenvolvimento inicial de *Zea mays* (L.) (milho), por meio de análises fisiológicas. Os resultados revelaram que os efeitos dos aleloquímicos presentes nos extratos aquosos a partir das folhas secas da espécie nativa *P. rigida* (Benth.) causaram efeitos inibitórios nos parâmetros analisados nas três espécies bioindicadoras utilizadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** alelopatia, Fabaceae, angico.

**INFLUENCE OF THE AQUEOUS EXTRACT OF *Parapiptadenia rigida* (Benth.)  
Brenan ON PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THREE BIOINDICATORS**

**ABSTRACT:** Agroforestry Systems (SAFs) represent a promising approach for the restoration of degraded areas by promoting the integration of native and cultivated species. This practice aims to reduce the negative impacts of monoculture, such as soil exhaustion, by restoring ecological interactions and increasing agricultural productivity. Among its main benefits are the conservation of native vegetation, reduction in pesticide use due to the allelopathic potential of certain species that act as natural repellents and improvement of soil quality through carbon incorporation and reduced reliance on external inputs. The success of SAFs depends on the careful selection of species that are environmentally adapted, efficient in nutrient uptake, and free from negative allelopathic effects. Species from the Fabaceae family are commonly used

due to their ability to enhance soil fertility and promote nutrient cycling through symbiosis with nitrogen-fixing bacteria. This study aimed to evaluate the allelopathic effects of the native species *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan on three bioindicator species: *Solanum lycopersicum* (L.) (tomato) and *Lactuca sativa* (L.) (lettuce), through germination analyses, and *Zea mays* (L.) (corn), through physiological assessments of initial growth and development. The results showed that the aqueous extracts from the dried leaves of *P. rigida* had inhibitory effects on the evaluated parameters in all three bioindicator species.

KEY WORDS: Allelopathy, Fabaceae, Angico tree.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da agricultura no período neolítico foi o marco histórico mais importante no surgimento das civilizações como conhecemos hoje, pois possibilitou o assentamento de grupos humanos em áreas propícias para a sobrevivência, o que culminou, ao longo do tempo, com a passagem do estado caçador-coletor para um estágio “sedentário”, visto que as necessidades básicas de alimentação foram supridas com a domesticação de plantas e animais, domínio das técnicas de plantio e desenvolvimento de ferramentas mais elaboradas (De Oliveira, 1989).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (OECD/FAO, 2015) destaca que o aumento da demanda na produção de alimentos é um desafio mundial, visto que, aproximadamente um terço do solo do mundo está com seus recursos naturais exauridos e, portanto, faz-se necessário o uso sustentável dele.

Com a vigência da lei 12.651/2012 (Novo Código Florestal), o Estado afirma a responsabilidade na preservação das florestas e demais vegetações nativas, visando o uso sustentável das áreas naturais, tornando imprescindível a adoção de técnicas para alcançar esse objetivo (Brasil, 2012).

Uma alternativa visando à recuperação de áreas degradadas é o consórcio entre espécies nativas e cultivadas, o qual minimiza os efeitos da exaustão do solo decorrentes da prática da monocultura, restaurando interações ecológicas e melhorando a produtividade agrícola (EMBRAPA, 2008).

Esse método, conhecido como Sistema de Agrofloresta (SAF) vem aumentando devido aos benefícios que ele propicia, pois permite a manutenção da mata nativa, a diminuição do uso

de agrotóxicos tendo em vista o potencial alelopático de espécies que agem como repelentes naturais de espécies indesejadas e insetos além de aumentarem os nutrientes na matriz do solo (incorporação de carbono), e menos utilização de insumos externos (Santos et al., 2012).

Para compor esse sistema, é essencial que a espécie escolhida alcance os requisitos como, por exemplo, serem adaptadas aos e serem eficientes captadoras de nutrientes e acima de tudo, não apresentarem efeitos alelopáticos negativos (Yared et al., 1998).

Espécies da família Fabaceae são comumente utilizadas para a composição do sistema agroflorestal, uma vez que contribuem para a manutenção e melhoria do solo e ciclagem de nutrientes, pois estabelecem relações simbióticas com bactérias que auxiliam na fixação de nitrogênio, e dentro desse contexto, encontra-se a espécie nativa *Parapiptadenia 47ígida* (Benth.) Brenan popularmente conhecida como angico-vermelho, é uma espécie arbórea que pode atingir entre 5-35m de altura, ocorre no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, tipo de vegetação Floresta Estacional Decidual, distribui-se pela região sudeste (SP) e sul (PR, SC e RS) do Brasil, além de compor a vegetação nativa, e compor reflorestamentos, é utilizada na arborização urbana, na construção civil e rural, devido à alta durabilidade natural de sua madeira e sua resistência mecânica (IPEF, 2020).

As plantas produzem diferentes compostos orgânicos, que são divididos em duas classes de metabólitos: os primários, que integram todas as estruturas do vegetal como membranas e seus derivados, bem como no armazenamento e produção de energia; e os secundários, que derivam do metabolismo primário, e se relacionam com o crescimento e desenvolvimento da planta, desempenhando papel na proteção contra herbívoros, patógenos, tem função como agente de competição entre plantas e também funções fisiológicas como na alocação e transporte de nutrientes (Vizzotto et al., 2010).

O termo alelopatia representa os possíveis efeitos inibitórios ou promotores de uma planta sobre o crescimento e desenvolvimento de outra, pela liberação de compostos químicos no ambiente, os quais são provenientes do metabolismo secundário dos vegetais. Esses metabólitos secundários podem atuar tanto em comunidades naturais, quanto em sistemas agrícolas, afetando o crescimento e desenvolvimento de espécies cultivadas. (Silva e Aquila, 2006).

Esses compostos podem atuar de diferentes formas sobre a planta alvo, de maneira indireta como, por exemplo, na composição química e nutricional do solo, e modificar ação e

ocorrência de organismos que habitam essa matriz. E diretamente, levando a alterações metabólicas, celulares, afetando o funcionamento de membranas o que culmina em modificações na absorção de água e nutrientes e até mesmo na atividade fotossintética dos vegetais (Reigosa, 2009).

Um dos efeitos mais visíveis que as substâncias aleloquímicas desempenham planta-alvo é a produção e acúmulo de espécies reativas de oxigênio, que consistem em compostos provenientes do metabolismo que reagem com o oxigênio, causando estresse oxidativo. Embora essas espécies reativas, também conhecidas como EROS (*espécies reativas de oxigênio*) sejam fundamentais na defesa do organismo contra patógenos, herbivoria e outros processos celulares, o excesso pode acarretar danos à maquinaria celular, afetando proteínas, a estrutura do DNA, inibindo a fotossíntese, respiração, balanço hídrico e a permeabilidade seletiva das membranas celulares. (Gniazdowska e Bogatek, 2005).

Espécies bioindicadoras apresentam algumas características particulares, que permitem a visualização dos efeitos sob baixas concentrações de substâncias alelopáticas, além do alto grau de sensibilidade e a germinação rápida e uniforme também. (Gabor e Veatch, 1981). Portanto, utilizou-se *Solanum lycopersicum* (L.), *Lactuca sativa* (L.) e *Zea mays* (L.) para expressão dos resultados dos efeitos alelopáticos.

Frente ao contexto explicitado, o trabalho leva em consideração duas hipóteses: a hipótese nula, que consiste em que os compostos aleloquímicos presentes no extrato aquoso da espécie nativa *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, não irão interferir ou influenciar na germinação dos bioindicadores *Solanum lycopersicum* (L.) (tomate) e *Lactuca sativa* (L.) (alface), e não irão influenciar no crescimento e desenvolvimento inicial de *Zea mays* (L.) (milho), e a hipótese alternativa, em que esses aleloquímicos irão interferir no metabolismo e influenciarão na germinação de *Solanum lycopersicum* (L.) (tomate) e *Lactuca sativa* (L.) (alface), e no crescimento e desenvolvimento inicial de *Zea mays* (L.) (milho).

Portanto, o trabalho teve como objetivo a avaliação do efeito alelopático da espécie nativa *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan sobre três bioindicadoras, sendo elas o *Solanum lycopersicum* (L.) (tomate), *Lactuca sativa* (L.) (alface) por meio de análises do processo germinativo, e sobre o crescimento e desenvolvimento inicial de *Zea mays* (L.) (milho), por meio de análises fisiológicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia Vegetal (LAFEV) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, campus de Cascavel, no período entre novembro de 2019 e junho de 2020.

As folhas da espécie nativa *P. rigida* foram coletadas entre agosto e outubro de 2019 de uma matriz localizada em uma propriedade privada, localizada na Comunidade São Sebastião, no município de Capanema-PR, e posteriormente foram levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal, no Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel.

O material coletado foi identificado pelo Herbário UNOP, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel, e as exsicatas foram depositadas com o número de registo UNOP 10485.

### *Preparação dos extratos*

As folhas foram secas em estufa de circulação de ar forçada durante 72 horas, com temperatura máxima de 45°C. Em seguida, as folhas foram trituradas em moinho de facas tipo Willey® para a obtenção do pó fino, que foi armazenado em frascos de vidro âmbar, hermeticamente fechados até o momento da utilização. O pó das folhas foi armazenado na ausência de luz em local seco e em temperatura ambiente, como na metodologia proposta por Mourão e Souza Filho (2010).

Para a preparação dos extratos aquosos utilizou-se 0, 25, 50, 75 e 100g do pó das folhas secas de *P. rigida* (Benth.) Brenan em 1000mL de água destilada (p/v). A mistura foi homogeneizada por 1 minuto e permaneceu em repouso por 4 horas à temperatura ambiente, ao abrigo da luz direta, para evitar a fotodegradação. Após o processo descrito, a solução foi filtrada em pano de algodão, sendo os tratamentos obtidos a partir dos extratos na proporção 0, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% (p/v), respectivamente (Carvalho et al., 2014). Para o tratamento testemunha (0%) apenas água destilada foi empregada, totalizando 5 tratamentos com 4 repetições. O pH dos extratos foi aferido com auxílio do pHmetro Micronal B474.

### *Potencial alelopático*

Para a análise do potencial alelopático da espécie nativa *P. rigida* realizou-se teste de germinação com duas espécies bioindicadoras, sendo elas o *S. lycopersicum* (L.) (tomate) e *L. sativa* (L.) (alface).

As sementes foram acomodadas em placas de Petri, contendo 3 camadas de papel filtro e foram previamente autoclavadas. Estas foram umedecidas com 5 mL do extrato aquoso das folhas da espécie nativa nas diferentes proporções de 0, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% (p/v) (a testemunha recebeu apenas água destilada), totalizando 5 tratamentos para cada espécie, com 4 repetições contendo 25 sementes cada.

As placas foram acondicionadas em câmara de germinação do tipo B.O.D a  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12h luz/escuro, e a contagem de sementes germinadas se deu diariamente até o 4º dia da instalação do teste de germinação para a alface, e até o 7º dia para o tomate. As sementes foram consideradas germinadas após a emissão de 2mm de raiz primária (Hadas, 1976), e estas foram retiradas das repetições.

As variáveis analisadas foram: porcentagem de germinação (G%), tempo médio de germinação (TMG) segundo Edmond e Drapala (1958), índice de velocidade de germinação (IVG) segundo Silva e Nakagawa (1995) e Frequência Relativa de Germinação (%).

Foi instalada uma pré-germinação com sementes de *Z. mays* (L.), totalizando 10 repetições de 50 sementes cada. As sementes foram acomodadas entre papéis Germitest previamente autoclavados e umedecidos na proporção 2,5 vezes o peso seco do papel (Brasil, 2009) com água destilada. As sementes permaneceram em câmara de germinação do tipo B.O.D., com temperatura de  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12h luz/escuro, até que elas obtivessem raízes primárias entre 2 e 5 cm, em aproximadamente 4 dias.

### *Desenvolvimento inicial em laboratório*

O experimento utilizou 10 sementes de *Z. mays* (L.) pré-germinadas que apresentavam entre 2 e 5 cm de raiz primária por repetição, sendo 40 sementes para 5 tratamentos, totalizando 200 sementes. As sementes foram acomodadas entre papel Germitest previamente autoclavado

e embebido com as diferentes proporções do extrato aquoso de *P. rigida* na proporção de 2,5 vezes o peso seco do pape (Brasil, 2009). Em garrafas PET, adicionou-se as mesmas quantidades de extrato utilizadas para umedecer o papel, onde os tratamentos foram acondicionados na vertical, com as raízes para baixo. O E.A foi trocado a cada 3 dias, para evitar oxidação dos mesmos e proliferação de microrganismos.

Os tratamentos permaneceram em câmara de germinação do tipo B.O.D., com temperatura de  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12h luz/escuro. O experimento de crescimento e desenvolvimento inicial foi acompanhado diariamente, até o momento em que as plântulas apresentaram o primeiro par de folhas expandido, no 7º dia após a instalação do teste.

Posteriormente, realizou-se as medições de comprimento de raiz (CMR) e parte aérea (CMPA), utilizando régua milimétrica e os resultados foram expressos em cm.

Separou-se 5 plântulas por repetição para os 5 tratamentos, totalizando 100 plântulas provenientes do experimento de desenvolvimento inicial, para a quantificação da massa seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA). Após a separação da raiz e da parte aérea, na região do colo, com o auxílio de uma lâmina para bisturi, as plântulas foram acomodadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação de ar forçada, durante 48h, com temperatura de  $\pm 45^{\circ}\text{C}$ . Após esse período, foram acondicionadas em dessecador de vidro, contendo sílica gel, até que resfriassem, para então serem pesadas em balança de precisão com quatro casas decimais, obtendo o resultado em miligramas (mg).

#### *Delineamento experimental e análise estatística*

O delineamento experimento foi inteiramente casualizado (DIC), tanto para os ensaios de germinação, quanto para o de desenvolvimento inicial em câmara de germinação. Os resultados obtidos foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2011).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As proporções do extrato aquoso (E.A) de *P. rigida*, tiveram seu pH aferido e os valores obtidos foram T1 (testemunha) pH: 7,2; T2 (2,5%) pH: 5,77; T3 (5%) pH: 5,75; T4 (7,5%) pH:

5,72; T5 (10%) pH: 5,70; respectivamente. Machado et al. (2002), cita que os valores ótimos de pH para a germinação das sementes devem compreender uma faixa entre 6,0 e 7,5, ou seja, os resultados aqui apresentados se assemelham e demonstram que não estão relacionados com alterações de pH do meio, devendo ser atribuídos à presença dos aleloquímicos, proveniente do extrato utilizado.

O E.A das folhas de *P. rigida* desencadeou efeitos alelopáticos negativos, visto que a porcentagem de germinação (G%) para as sementes de *S. lycopersicum* (L.) (tomate) submetidos ao extrato diferiram estatisticamente da testemunha, ocorrendo redução de 5,5% para essa variável quando em contato com o extrato na proporção de 10%. (Tabela 1).

Cândido et al. (2010) encontrou resultados semelhantes, ao estudar os efeitos alelopáticos de diferentes frações de extratos das folhas de *S. occidentalis* (L.) Link, espécie de Fabaceae. Observaram que a G% e o IVG das sementes de tomate sofreram interferências negativas nas maiores concentrações utilizadas, o que pode indicar que há a presença de aleloquímicos que afetam algum processo fisiológico da germinação do tomate quando os extratos de *P. rigida* estavam presentes no substrato.

**Tabela 1.** Germinação (G%), Tempo Médio de Germinação (TMG/dias) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de *Solanum lycopersicum* L. (tomate) e *Lactuca sativa* L. (alface) submetidas ao extrato aquoso de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan nas proporções de 0, 2,5, 5, 7,5 e 10%

	G%		TMG (dias)		IVG	
	Tomate	Alface	Tomate	Alface	Tomate	Alface
0	55a	93a	5,11a	1,59a	32,05a	68,33a
2,5	35ab	92a	5,98a	2,80b	21,09a	34,75b
5	24bc	78a	6,34a	3,35c	17,18a	35,00b
7,5	12bc	73a	4,68a	3,63cd	9,63a	20,67b
10	3c	34a	3a	3,94d	4,68a	19,00b
CV (%)	48,08	20,10	42,00	6,10	58,58	24,62

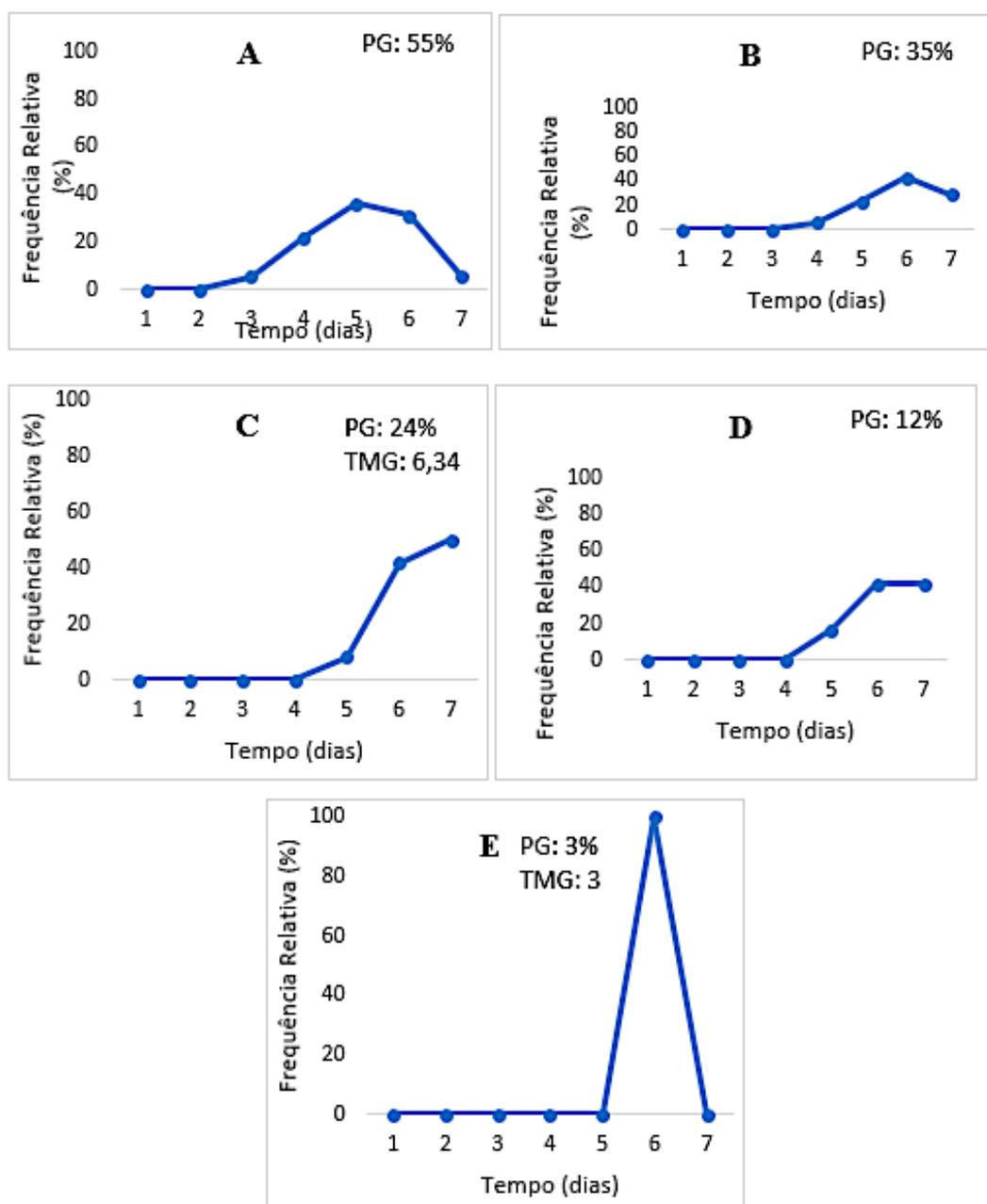
Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao tempo médio de germinação (TMG) os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, contudo, ao analisar o índice de velocidade de germinação (IVG) constatou-se que houve redução nos tratamentos das proporções de 7,5 e 10% (Tabela 1). Resultados semelhantes aos de Meira (2016), ao testar o E.A de *C. cajan* (L.) Millsp. espécie pertencente à Fabaceae sobre sementes de tomate, obteve redução significativa no IVG, levando mais tempo para germinar nas proporções de 7,5% e 10%, indicando que os compostos aleloquímicos presentes no extrato podem ser os responsáveis por afetar negativamente essa variável.

De acordo com Oliveira et al., (2017), o processo germinativo não ocorre de forma sincronizada, e sim se distribui ao longo do tempo, desse modo, a frequência de germinação está relacionada ao TMG. Ao analisar os gráficos de Frequência Relativa (FR%) da Figura 1, verifica-se que o comportamento é polimodal, ocorrendo vários picos de germinação durante o período de avaliação. Apesar de não haver diferenças estatísticas entre os tratamentos em relação ao TMG, nota-se que ocorreu um atraso na germinação do tomate, demonstrado pelos gráficos, uma vez que os picos de germinação foram deslocados para a direita, o que, segundo Garcia-Sánchez et al., (2012), pode ser em decorrência da ação dos aleloquímicos presentes no extrato, como por exemplo os compostos fenólicos, que podem influenciar o processo germinativo das sementes e restringir a mobilização de reservas para o embrião, uma vez que causam inativação de enzimas específicas ou hormônios essenciais para esse estágio de desenvolvimento.

Para a espécie bioindicadora *L. sativa* (L.) (alface) os resultados obtidos demonstram que a exposição à proporção de 10% do E.A de *P. rigida* levou a efeitos inibitórios da germinação (G%), reduzindo em aproximadamente 37%, enquanto os demais tratamentos não diferem entre si estatisticamente. (Tabela 1). Resultados que se assemelham aos obtidos por Carvalho et al. (2014), utilizando E.A da leguminosa *C. cajan*s sobre a alface, também não detectou influência das proporções de 2,5 e 5% p/v, obtendo germinação de aproximadamente 80% para esses tratamentos.

Os efeitos alelopáticos não se restringem apenas à germinação, uma vez que reservas da semente são utilizadas para esse estágio de desenvolvimento, mas também podem interferir em outros parâmetros, como por exemplo a velocidade de germinação, e velocidade de estabelecimento das plântulas, o que foi observado no presente estudo, quando analisados os resultados de TMG e IVG (Tabela 1) (Borges et al., 2007).



**Figura 1.** Frequência Relativa (%) de Germinação de sementes de *Solanum lycopersicum* (L.) submetidas ao extrato aquoso de folhas secas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan nas proporções de **A:** 0; **B:** 2,5; **C:** 5; **D:** 7,5 e **E:** 10%. G: Porcentagem de germinação; TMG: Tempo Médio de Germinação.

Para o Tempo Médio de Germinação (TMG/dias), houve diferenças significativas entre as proporções do extrato utilizadas, sendo essa variável aumentada em função da proporção, e o maior TMG é observado na proporção de 10% (Tabela 1). Em relação à testemunha, houve um aumento de aproximadamente 2 dias para que as sementes emitissem a raiz primária, destacando as interferências negativas na capacidade germinativa dessas sementes.

Utilizando os E.A de folhas e caules de *A. humilis* Mart. ex Bent, da família Fabaceae, sobre a germinação de alface, Periotto et al. (2004) também observaram a interferência negativa no TMG das sementes, sendo que a partir de concentrações iguais ou superiores a 8%, essa redução foi significativa, representando um aumento de aproximadamente 5 dias no tempo de germinação da alface.

Segundo estudos de Ferreira e Aquila (2000), um conjunto de alterações é responsável por mudanças no padrão de germinação, visto que a presença de aleloquímicos pode afetar o funcionamento da permeabilidade celular, atuar sobre o balanço hormonal, atividade enzimática e de receptores, afetar a respiração celular e pela combinação destes fatores.

Em relação ao IVG, os grupos expostos aos E.A de *P. rigida* diferiram estatisticamente quando comparados à testemunha (Tabela 2), bem como observado por Carvalho et al. (2014), utilizando em bioensaios extratos aquosos de feijão guandu (*C. cajans*) notou que conforme aumentou-se a concentração dos extratos, os valores relacionados ao IVG de sementes de alface diminuíram, corroborando o presente trabalho.

Com análise dos polígonos de frequência (Figura 2) verificou-se que a germinação é polimodal, e que a exposição dos diásporos de alface ao E.A de *P. rigida* (Benth.) Brenan levou a efeitos negativos, evidenciando diferenças na distribuição temporal da germinação, com o deslocamento dos picos de germinação para a direita, o que sugere que os compostos alelopáticos presentes no extrato aumentaram o tempo em que os diásporos da alface levaram para germinar, uma vez que causaram diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha.

O tratamento testemunha apresentou FR% com os picos ocorrendo entre os dois primeiros dias pós instalação do teste (Figura 2), enquanto os demais tratamentos têm seus picos localizados entre o terceiro e quarto dia, evidenciando os efeitos negativos do extrato da espécie nativa e seu potencial alelopático. Estudos de Araújo et al. (2017) também observaram diferenças estatísticas da FR% em bioensaios de potencial alelopático com alface, em que observou menor frequência e mais distribuída ao longo do tempo nos tratamentos com extratos de folhas de *C. madagascariensis*. Os resultados obtidos podem relacionar-se à alta sensibilidade da alface aos compostos do extrato, visto que a alteração do TMG e das FRs indicam que sua capacidade de uniformidade germinativa foi afetada.

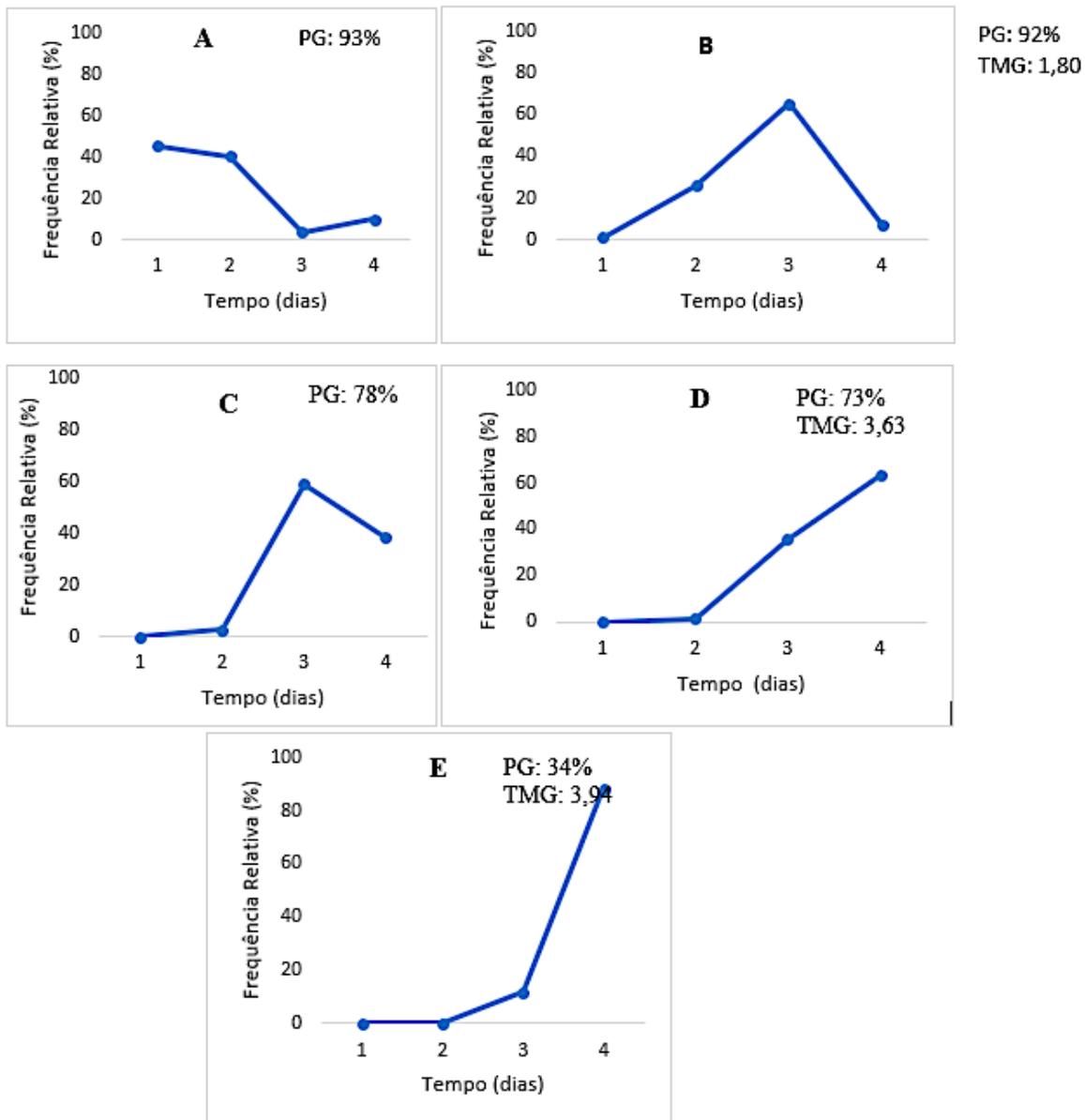


Figura 2. Frequência Relativa (%) de Germinação de sementes de *Lactuca sativa* (L.) submetidas ao extrato aquoso de folhas secas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan nas proporções de **A**: 0; **B**: 2,5; **C**: 5; **D**: 7,5 e **E**: 10%. G: Porcentagem de germinação; TMG: Tempo Médio de Germinação.

Os efeitos inibitórios observados em ambas as espécies bioindicadoras podem ter relação com a composição fitoquímica do extrato aquoso de *P. rigida*, e, Mendonça (2015) a partir do screen fitoquímico do extrato clorofórmico e etanólico de *P. rigida* constatou a

presença de taninos, catequinas, esteroides e triterpenoides, flavonoides, saponina e alcaloides, compostos do metabolismo secundário que podem ser responsáveis pela expressão dos efeitos inibitórios observados.

O grupo dos taninos é o que apresenta maior ação biológica, e é composto por substâncias inibidoras da germinação e crescimento de plantas, destacando-se como função fitopatogênica (Taiz e Zeiger, 2013). Os compostos fenólicos podem induzir o aumento da atividade das enzimas antioxidantes, causando modificação em permeabilidade de membranas, podendo levar à formação de lignina, que culmina com a redução do alongamento radicular (Ferrarese et al., 2000). Os flavonoides também atuam como inibidores de germinação, e são inibidores do metabolismo energético, dificultando a absorção de oxigênio pelas mitocôndrias e bloqueando a função dos cloroplastos (Einhelligi, 2004).

Portanto, conclui-se que os extratos aquosos de folhas secas de *P. rigida* (Benth.) Brenan levaram a efeitos negativos sobre parâmetros analisados nos bioensaios de potencial alelopático, tanto para o *S. lycopersicum* (L.) (tomate) quanto para *L. sativa* (L.) (alface).

Em relação ao desenvolvimento inicial de *Zea mays* (milho) exposta às diferentes proporções do E.A da espécie nativa *P. rigida*, é possível observar que ocorreu redução do Comprimento Médio da Raiz (CMR/cm) nos tratamentos submetidos ao E.A, sendo que a proporção de 2,5% apresentou diferenças significativas quando comparada à testemunha, representando aproximadamente 57% de redução do comprimento médio da raiz, sendo essa variável mais sensível aos compostos presentes no extrato (Tabela 2). Segundo Chung et al. (2001), os efeitos nas raízes são mais acentuados devido ao maior contato desse órgão com os compostos aleloquímicos presentes no extrato.

Paulino et al. (2017) ao testar os efeitos alelopáticos de *V. sativa* L., espécie da família Fabaceae, obteve resultados inibitórios do crescimento do sistema radicular de plântulas de milho, em analogia ao presente estudo, em que extratos de *P. rigida* também levaram a alterações nos processos fisiológicos dessa estrutura. Danos causados em membranas celulares em decorrência de substâncias aleloquímicas relacionam-se com efeitos negativos nas raízes, enzimas localizadas em membranas podem ser afetadas e alterar gradientes eletroquímicos, modificando a absorção de íons, metabólitos, água e nutrientes, podendo resultar na diminuição de seu crescimento (Gniazdowska e Bogatek, 2005).

**Tabela 2.** Comprimento Médio da Raiz (CMR/cm), Comprimento Médio da Parte Aérea (CMPA/cm), Massa Seca da Raiz (MSR/mg) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA/mg) de plântulas de *Zea mays* (L.) submetidas ao extrato aquoso de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan nas proporções de 0, 2,5, 5, 7,5 e 10%

Proporções	CMR (cm)	CMPA (cm)	MSR (mg)	MSPA (mg)
0	22,310a	12,865a	2,223a	3,238a
2,5	12,725b	12,210a	2,325a	3,688a
5	11,875b	14,505a	2,213a	3,360a
7,5	9,800b	12,990a	1,956a	2,855a
10	7,080b	11,815a	2,153a	2,687a
CV (%)	25,49	18,06	14,60	20,39

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

Os compostos aleloquímicos têm diversos efeitos descritos na literatura, podendo ocasionar distúrbios fotossintéticos ao atuar sobre enzimas foto-oxidativas, alterações na respiração mitocondrial e fornecimento de energia para processos que demandam ATP, afetar a concentração de hormônios necessários para o crescimento celular e morfogênese, bem como a formação de espécies reativas de oxigênio, em que ânions superóxido reativos podem induzir a peroxidação lipídica da membrana e danificar o DNA, proteínas estruturais e enzimas anti-oxidantes (peroxidase, catalase, superóxido dismutase), que não conseguem eliminar o excesso de radicais livres, desencadeando afrouxamento ou enrijecimento da parede celular (Passardi et al., 2005).

Experimentos realizados por Mendonça (2015), utilizando extratos de *S. parahyba* (Vell.) (guapuruvu), espécie da família Fabaceae sobre o desenvolvimento inicial de milho, obteve resultados em que o CMR sofreu reduções significativas com 1% de concentração, indicando que o milho também sofreu interferências negativas no processo de desenvolvimento inicial, bem como resultados expressos nesse estudo, o que pode indicar que os processos fisiológicos da plântula foram afetados.

Carvalho et al. (2014) apontam que o sistema radicular das plantas é mais sensível à ação de aleloquímicos pois o seu alongamento depende de divisões celulares, que, se influenciadas, comprometem o seu desenvolvimento normal. A inibição da mitose, ou ruptura das organelas no núcleo e das mitocôndrias e anormalidades durante os processos de divisão celular podem sugerir que houve interrupção dos centros organizadores dos microtúbulos, e interferências na biossíntese da parede celular também podem culminar com a redução no crescimento da planta (Gniazdowska e Bogatek, 2005)

Em relação ao Comprimento Médio da Parte aérea (CMPA), não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados (Tabela 2). Gomes et al. (2013), utilizando E.A de folhas frescas de tremoço- azul (*L. angustifolius* (L.)), espécie da família Fabaceae, sobre a espécie picão-preto, observaram que não houve diferenças significativas no comprimento médio da parte aérea (CMPA), resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo, o que pode ser explicado devido à utilização das reservas nutricionais da semente e maior mobilização desses nutrientes para o desenvolvimento desse sistema.

O efeito alelopático mais pronunciado sobre a raiz do que na parte aérea se deve possivelmente à utilização pelas plântulas das reservas nutricionais da semente, ocorrendo a translocação desses compostos energéticos para o hipocótilo (Carvalho et al., 2014), sendo assim, menos influenciado pelos extratos, resultados semelhantes foram encontrados nesse estudo.

A análise dos dados que correspondem às medidas de Massa Seca da Raiz (MSR/mg) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA/mg) de plântulas de *Zea mays* L. (Tabela 2), mostram que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos. Esse resultado pode estar relacionado à sensibilidade da planta à presença de aleloquímicos, assim como visto no trabalho de Formigheiri et al. (2018), em que as sementes de soja apresentaram maior sensibilidade ao extrato aquoso de *A. artemisiifolia* do que as de milho (planta em foco do estudo nesta pesquisa) em todas as concentrações utilizadas.

A não interferência do extrato aquoso de *P. rigida* (Benth.) Brenan sobre o CMPA, MSR e MSPA, pode ser explicada pela alta taxa de mobilização de reservas, Andrade et al. (2019) observaram redução das reservas das sementes de milho, bem como baixa concentração de matéria seca restante no endosperma, o que indica que há grande quantidade de nutrientes disponíveis para o desenvolvimento de estruturas essenciais das plântulas.

É importante destacar que a redução acentuada no comprimento da raiz pode afetar o estabelecimento da planta no ambiente e a capacidade competitiva (Almeida et al., 2015), não sendo aconselhável a associação entre essas espécies em um Sistema Agroflorestal.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que os efeitos dos aleloquímicos presentes nos extratos aquosos a partir das folhas secas da espécie nativa *P. rigida* (Benth.) causaram efeitos inibitórios nos parâmetros analisados nas três espécies bioindicadoras utilizadas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.O.; MATOS, C.C.; SILVA, D.V.; BRAGA, R.R.; FERREIRA, E.A.; SANTOS, J.B. Interação entre volume de vaso e competição com plantas daninhas sobre o crescimento da soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v.62, p.524-530, 2015.

ANDRADE, G.C.; COELHO, C.M.M.; PADILHA, M.S. Seed Reserve Reduction Rate and Reserves Mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.41, p.488-497, 2019.

ARAÚJO, H.T.M.; BRITO, S.F. de; PINHEIRO, C.L.; FILHO, S.M. A alelopatia aumenta o potencial invasor de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne.? **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v.14, n.25, p.1-12, 2017.

BORGES, F.C.; SANTOS, L.S.; CORRÊA, M.J.C.; OLIVEIRA, M.N.; SOUZA-FILHO, A.P.S. Potencial alelopático de duas neolignanas isoladas de folhas de *Virola surinamensis* (Myristicaceae). **Planta Daninha**, São Paulo, v.25, p.51-59, 2007.

BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. 1Ed. Brasília: MAPA/ACS. 2009, 399 p.

BRASIL. Lei n. 12.561, de 25 de maio de 2012: **Proteção da vegetação nativa**. Brasília: Presidência da República – Casa Civil, 2012. 43p. Disponível em : [‘https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm’](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em abr. 2025.

CÂNDIDO, A.C. da S.; SCHMIDT, V.; LAURA, V.A.; FACCENDA, O.; HESS, S.C.; SIMIONATTO, E.; PERES, M.T.L.P. Potencial alelopático da parte aérea de *Senna occidentalis* (L.) Link (Fabaceae, Caesalpinioideae): bioensaios em laboratório. **Acta Botânica Brasílica**, Brasília, v.24, p.235-242, 2010.

CARVALHO, W.P.; CARVALHO, G.J.; ABBADE NETO, D.O.; TEIXEIRA, L.G.V. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. **Bioscience Journal**, Curitiba, v.30, p.1-11, 2014.

CHUNG, I.M.; AHN, J.K.; YUN, S.J. Assesment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-gall*) on rice (*Oriza sativa* L.) cultivars. **Crop Protection**, Amsterdam, v.20, p.921-928, 2001.

DE OLIVEIRA JR, P.H.B. **Notas sobre a história da agricultura através do tempo**. Rio de Janeiro: Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional. 1989. 72p.

EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.71, p.428-434, 1958.

EINHELLIGI, F.A. Mode of allelochemical action of phenolic compounds. In: MACIAS, F.A. et al. (Ed.). **Allelopathy: chemistry and mode of action of allelochemicals**. London: CRC Press, 2004. p.217-238.

FAO; ITPS. **Status of the World's Soil Resources – Main Report**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, 2015. 650p.

FERRARESE, M.L.L.; RODRIGUES, J.D.; FERRARESE FILHO, O. Ferulic acid uptake by soybean root in nutrient culture. **Acta Physiologiae Plantarum**, Cracóvia, v.22, p.121-124, 2000.

FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.12, p.175-204, 2000.

FORMIGHEIRI, F.B.; BONOME, L.T.S.; BITTENCOURT, H. von H.; LEITE, K.; REGINATTO, M.; GIOVANETTI, L.K. Alelopatia de *Ambrosia artemisiifolia* na germinação e no crescimento de plântulas de milho e soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.41, p.729-739, 2018.

GABOR, W.E.; VEATCH, C. Isolation of phytotoxin from quackgrass (*Agropyron repens*) rhizomes. **Weed Science**, Cambridge, v.29, p.155-159, 1981.

GARCÍA-SÁNCHEZ, M.; GARRIDO, I.; CASIMIRO, I. de J.; CASERO, P.J.; ESPINOSA, F.; GARCÍA-ROMERA, I.; ARANDA, E. Defense response of tomato seedlings to oxidative stress induced by phenolic compounds from dry olive mill residue. **Chemosphere**, Los Angeles, v.89, p.708–716, 2012.

GNIAZDOWSKA, A.; BOGATEK, R. Allelopathic interactions between plants. Multisite action of allelochemicals. **Acta physiologiae plantarum**, Cracóvia, v.27, p.395-407, 2005.

GOMES, F.M.; FORTES, A.M.T.; SILVA, J. da; BONAMIGO, T.; PINTO, T.T. Efeito alelopático da fitomassa de *Lupinus angustifolius* (L.) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Zea mays* (L.) e *Bidens pilosa* (L.). **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v.8, p.48-56, 2013.

HADAS, A. Water update germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. **Journal Experimental of Botany**, Lancaster, v.27, p.480-489, 1986.

MACHADO, C.F.; OLIVEIRA, J.A. de; DAVIDE, A.C.; GUIMARÃES, R.M. Metodologia para condução do teste de germinação em sementes de Ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) G. Nicholson). **Cerne**, Lavras, v.8, p.17-25, 2002.

MEIRA, R.O. **Alelopátia entre espécies de diferentes categorias sucessionais utilizadas na restauração ecológica**. 2016. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

MENDONÇA, L.C. **Análise fitoquímica e alelopátia de leguminosas arbóreas sobre a germinação e desenvolvimento inicial do milho**. 2015. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

OLIVEIRA, J.D. de; SILVA, J.B. da; ALVES, C.Z. Tratamentos para incrementar, acelerar e sincronizar a emergência de plântulas de mucuna-preta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, p.531-539, 2017.

PASSARDI, F.; COSIO, C.; PENEL, C.; DUNAND, C. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. **Plant Cell Reports**, New York, v.24, p.255-265, 2005.

PAULINO, R.A.; SCHOENHERR, B.; LUZ, P. da; LAJÚS, C.R.; KLEIN, C.; JUNGES, M.; TREMEA, G. Allelopathic potential of extracts vetch (*Vicia villosa*), black oats (*Avena strigosa*) and ryegrass (*Lolium multiflorum*) in the germination of seeds and initial growth of corn seedling. **Revista Thema**, Pelotas, v.14, p.33-43, 2017.

PERIOTTO, F.; PEREZ, S.C.J.G. de A.; LIMA, M.I.S. Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. ex Benth na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasílica**, Brasília, v.18, p.425-430, 2004.

REIGOSA, M.J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A.; GONZÁLEZ, L. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Philadelphia, v.18, p.577-608, 2009.

SANTOS, I.L.V.L.; SILVA, C.R.C. da; SANTOS, S.L. dos; MAIAL, M.M.D. Sorgoleone: lipidic benzoquinone of sorghum with allelopathic effects in agriculture as a herbicide. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, p.135-144, 2012.

SILVA, F.M.; AQÜLIA, M.E.A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *L. sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v.20, p.61-69, 2006.

SILVA, J.B.; NAKAGAWA, J. Estudos de fórmulas para cálculo de velocidade de germinação. **Informativo Abrates**, Londrina, v.5, p.62-73, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5Ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 918p.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A.C.; WEBER, G.E.B. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância**. 1Ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 16 p.

YARED, J.A.G.; BRIENZA JÚNIOR, S.; MARQUES, L.C.T. **Agrossilvicultura: conceitos, classificação e oportunidades para aplicação na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA – CPATU, 1998. 39 p. (EMBRAPA/CPATU. Documentos, 104).