

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CONSERVAÇÃO E MANEJO  
DE RECURSOS NATURAIS – NÍVEL MESTRADO

RAQUEL VALMORBIDA

ALELOPATIA DE EXSUDATOS DE SEMENTES DE ESPÉCIES USADAS EM  
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS DEGRADADAS COM SISTEMA DE  
SEMEADURA POR “MUVUCA”

CASCADEL-PR

Março/2016

RAQUEL VALMORBIDA

ALELOPATIA DE EXSUDATOS DE SEMENTES DE ESPÉCIES USADAS EM  
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS DEGRADADAS COM SISTEMA DE  
SEMEADURA POR “MUVUCA”

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais – Nível Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais.

Área de Concentração: Conservação e Manejo de Recursos Naturais

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Andréa Maria Teixeira Fortes

Co-orientadora: Dr<sup>a</sup>. Jaqueline Malagutti Corsato

CASCAVEL-PR

Março/2016

## FOLHA DE APROVAÇÃO

RAQUEL VALMORBIDA

Alelopatia de exsudatos de sementes de espécies usadas em restauração ecológica de áreas degradadas com sistema de semeadura por “muvuca”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais-Nível de Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, pela comissão Examinadora composta pelos membros:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Maria Teixeira Fortes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná campus Cascavel  
(Presidente)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia da Costa Zonetti

Universidade Federal do Paraná campus Palotina

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná campus Cascavel

Aprovada em 22 de Março de 2016.

Local da defesa: UNIOESTE, Prédio de Salas de Aula, Sala 56, Cascavel-Pr.

Dedico este trabalho à minha família,  
por acreditarem em mim e não me deixarem desistir.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por ter iluminado o caminho que me trouxe até aqui e, pela sabedoria que me fez conduzir este mestrado e concluir este trabalho.

À minha família, agradeço por sempre estarem ao meu lado, independente da minha escolha e, pela compreensão nos momentos que não podemos compartilhar juntos, especialmente à minha mãe e meu esposo.

Agradeço pela orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa, pela oportunidade em me deixar fazer parte da sua equipe de trabalho do laboratório de Fisiologia Vegetal, agradeço pelos ensinamentos passados e, dedicação para me tornar uma profissional melhor.

Agradeço pela Co-orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jaqueline, pela paciência e leveza com que me conduziu nos experimentos e, pela força e incentivo.

Aos colegas e amigos do laboratório e do mestrado, que sempre me ajudaram sem hesitar, sou muito grata, sem vocês este trabalho não se realizaria.

À Ivone, técnica do laboratório, que nunca me deixou na mão, sempre me auxiliando com um sorriso no rosto, e aparecendo com um “pozinho mágico” para salvar o experimento.

À Fundação Araucária pela concessão da bolsa.

## SUMÁRIO

Resumo.....	i
Abstract .....	ii
<b>CAPÍTULO 1: Estímulo fisiológico de exsudatos de sementes de <i>Cajanus cajan</i> e <i>Bauhinia forficata</i> sobre sementes e plântulas de tomate .....</b>	<b>8</b>
Introdução.....	11
Material e Métodos.....	13
Resultados e Discussão .....	16
Agradecimentos.....	22
Referências .....	22
ANEXO 1	
<b>CAPÍTULO 2: Análise fitoquímica e efeito alelopático de exsudatos de sementes na germinação e desenvolvimento inicial de espécies florestais utilizadas em “muvuca” ....</b>	<b>36</b>
Introdução.....	38
Material e Métodos.....	40
Resultados e Discussão .....	43
Conclusão .....	49
Referências bibliográficas .....	56
ANEXO 1	

## Resumo

Muvuca de sementes é uma técnica de semeadura de diversas espécies florestais, de distintos estágios sucessionais, juntamente com espécies de adubos verdes, com a finalidade de restaurar uma área degradada. Nesta técnica de semeadura, pode ocorrer interação biológica de exsudatos de sementes e plântulas adjuntas, das diferentes espécies, que mutuamente podem ser beneficiadas ou prejudicadas, quanto à germinação e desenvolvimento inicial. Procurou-se neste trabalho investigar o potencial alelopático de exsudatos de sementes de *Cajanus cajan* e *Bauhinia forficata* sobre espécie bioindicadora (*Solanum lycopersicum* - tomate); e o efeito alelopático destes mesmos exsudatos sobre espécies florestais (*Bauhinia forficata* e *Parapiptadenia rigida*). O experimento foi conduzido em laboratório, e os tratamentos foram: Testemunha; Exsudatos das Fases I e II da curva de embebição das sementes de *C. cajan* e *B. forficata*, que foram submetidos a testes de pH, condutividade elétrica e prospecção fitoquímica. A espécie bioindicadora submetida aos tratamentos foi avaliada quanto à germinação, desenvolvimento inicial, atividade enzimática antioxidante e peroxidação lipídica. As espécies florestais submetidas aos tratamentos foram avaliadas quanto à germinação e desenvolvimento inicial. Segundo a condutividade elétrica, houve maior liberação de exsudatos das espécies precursoras na fase II de embebição. Todos os exsudatos apresentaram aleloquímicos em sua composição. Quanto ao potencial alelopático, conclui-se, que os exsudatos das sementes de *C. cajan* e *B. forficata* não afetaram negativamente a germinação, desenvolvimento inicial e atividade enzimática antioxidante da planta bioindicadora, pelo contrário, beneficiou o desempenho das variáveis avaliadas do tomate. Quanto ao efeito alelopático, o exsudato da fase I de embebição de *C. cajan*, e das fases I e II das sementes de *B. forficata* estimularam o comprimento da parte aérea de *P. rigida*. Porém, o exsudato da fase II de embebição das sementes de *C. cajan*, influenciou negativamente a germinação e desenvolvimento inicial de *B. forficata*. E ainda retardou a germinação de *P. rigida*.

**Palavras-chave:** Muvuca de sementes; espécies florestais, adubação verde, hormese, enzimas antioxidantes; germinação; desenvolvimento inicial

## **Allelopathy of seed exudates of species used in ecological restoration of degraded areas with seeding system "muvuca"**

### **Abstract**

Muvuca is a seed sowing technique of various tree species succession of distinct stages, together with species of green manure, in order to restore a degraded area. In this seeding technique, there can be biological interaction exudates, seeds and seedlings adjunct, different species of which may be mutually benefit or impaired, as germination and early development. An attempt was made in this study to investigate the allelopathic potential of exudates of *Cajanus cajan* seeds and *Bauhinia forficata* on bioindicator species (*Solanum lycopersicum* - tomato); and the allelopathic effect of these same exudates on forest species (*Bauhinia forficata* and *Parapiptadenia rigida*). The experiment was conducted in the laboratory, and the treatments were: control; exudates of Phase I and II of the soaking curve of *C. cajan* seeds and *B. forficata*, who underwent pH testing, electrical conductivity and phytochemical screening. The bioindicator species subjected to treatment was evaluated for germination, early growth, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation. Forest species subjected to the treatments were evaluated for germination and early development. According to the electrical conductivity, a greater release of exudates of precursor species in phase II of soaking. All exudates showed allelochemicals in its composition. As for the allelopathic potential, it is concluded that the exudates of *C. cajan* seeds and *B. forficata* not adversely affect germination, early growth and antioxidant enzyme activity of bioindicator, on the contrary, benefited performance these variables evaluated tomato. As for the allelopathic effect, the exudate of phase I of soaking *C. cajan*, and phases I and II of the seeds of *B. forficata* stimulated shoot length *P. rigida*. However, the exudate of the soaking stage II seeds of *C. cajan*, negatively affected the germination and initial development *B. forficata*. And still retarded germination of *P. rigida*.

**Keywords:** Muvuca seed; forest species, green manure, hormesis, antioxidant enzymes, germination, early development

## CAPÍTULO 1

### **Estímulo fisiológico de exsudatos de sementes de *Cajanus cajan* e *Bauhinia forficata* sobre sementes e plântulas de tomate**

O artigo segue as normas sugerida pela Revista Acta Botanica Brasilica (Acta bot. bras.) citada no anexo 1 deste capítulo.

1 **Artigo Original**

2 **Estímulo fisiológico de exsudatos de sementes de *Cajanus cajan* e *Bauhinia forficata***  
3 **sobre sementes e plântulas de tomate**

4  
5 Raquel Valmorbida\*; Andréa Maria Teixeira Fortes; Jaqueline Malagutti Corsato

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21 Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Campus de Cascavel. Rua  
22 Universitária 2069, Caixa Postal 711 - Bairro Universitário. CEP 85819-110 - Cascavel – PR.  
23 Prédio Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS) – sala 13.

24 \*Autor para correspondência: raquelvalmorbida@yahoo.com.br

1 **Resumo:** É de interesse investigar a alelopatia de exsudatos de sementes de distintas espécies  
2 empregadas na “muvuca”. O objetivo do trabalho foi averiguar o potencial alelopático de  
3 exsudatos de sementes de *C. cajan* e *B. forficata*, nas fases I e II de embebição, sobre a  
4 germinação, desenvolvimento inicial e atividade de sistemas antioxidantes em espécie  
5 bioindicadora, o tomate. Os tratamentos foram: Testemunha; Fase I e II da curva de  
6 embebição das sementes de *C. cajan* e *B. forficata*, que foram submetidos a testes de pH,  
7 condutividade elétrica e prospecção fitoquímica. No tomate foram avaliadas variáveis de  
8 germinação, desenvolvimento inicial, atividade enzimática (SOD, CAT e POD) e peroxidação  
9 lipídica. Segundo a condutividade elétrica, houve maior liberação de exsudatos na fase II de  
10 embebição das espécies. Todos os exsudatos apresentaram algum tipo de aleloquímico. A  
11 germinação e desenvolvimento inicial de tomate foram estimulados pelos exsudatos de *C.*  
12 *cajan*. O exsudato da fase I de *B. forficata* aumentou o comprimento da parte aérea de  
13 plântulas. O exsudato da fase II de *C. cajan* aumentou a atividade das enzimas antioxidantes  
14 do tomate, sem afetar a peroxidação lipídica. Conclui-se, que o exsudato das sementes de *C.*  
15 *cajan* e *B. forficata* afetaram positivamente a germinação, desenvolvimento inicial e atividade  
16 enzimática antioxidante da planta bioindicadora.

17

18 **Palavras-chave:** muvuca de sementes; adubo verde; enzimas antioxidantes; curva de  
19 embebição, exsudatos de sementes; *C. cajan*; *B. forficata*

## 1 **Introdução**

2 A semeadura de espécies florestais juntamente com culturas leguminosas de adubação  
3 verde é denominada muvuca de sementes, técnica usada como alternativa para restauração  
4 ecológica de áreas degradadas. É uma opção mais econômica que o plantio convencional de  
5 mudas, podendo ser implantado em locais de difícil acesso e declividade acentuada (Mattei  
6 1995). Este sistema de semeadura tem sido implantado em diversas regiões do Brasil, e o seu  
7 uso é estimulado por instituições públicas e privadas (Malavasi & Gasparino 2005; Oliveira  
8 2013; Pietro-Souza & da Silva 2015).

9 *Bauhinia forficata* ou popular pata de vaca, é uma das espécies florestal potencial para  
10 uso na muvuca de sementes, pertencente a família Fabaceae. Apresenta comportamento  
11 pioneiro no estágio sucessional, de ocorrência em toda Mata Atlântica e, muito utilizada em  
12 sistema de restauração ecológica (Lorenzi 1998).

13 Uma das espécies mais empregada como adubo verde na muvuca é *Cajanus cajan*,  
14 popular feijão guandu, da família Fabaceae (Pietro-Souza & da Silva 2015), é nativa da África  
15 Tropical Ocidental, possui ciclo de vida de aproximadamente três anos, o que dificulta uma  
16 ação invasora (Beltrame & Rodrigues 2008). A espécie apresenta porte arbustivo ereto de 2 a  
17 3 metros de altura, rápido crescimento, com alta produtividade de fitomassa para a cobertura  
18 do solo (Lima Filho *et al.* 2014), tendo ainda importante papel na adubação pela fixação de  
19 nitrogênio.

20 A germinação das sementes de qualquer espécie é iniciada com a absorção ou  
21 embebição de água, para ativação da mobilização de reservas e enfraquecimento da parede  
22 celular (Taiz & Zeiger 2013). Há três fases de embebição, sendo que na primeira prevalece o  
23 processo físico de hidratação, e inicia a exsudação de conteúdos celulares como potássio,  
24 aminoácidos, monossacarídeos e outros; na segunda fase há ativação de processos  
25 metabólicos, com taxa de hidratação reduzida para a maioria das sementes; a terceira fase é

1 metabólica, definida pela protrusão da raiz primária, por isso, considerada como um evento  
2 pós-germinativo (Pinã-Rodrigues *et al.* 2015).

3 Logo, no sistema de semeadura por muvuca ocorrerá uma interação biológica de  
4 exsudatos de sementes ou plântulas de diferentes espécies. E neste processo de exsudação, são  
5 liberadas também substâncias provindas do metabolismo secundário (Souza Filho *et al.*  
6 2011), chamadas de aleloquímicos, que podem estimular ou suprimir o desenvolvimento e o  
7 crescimento de outras plantas, esta interação química é chamada de alelopatia (Teasdale *et al.*  
8 2012).

9 O efeito alelopático de inibição ou hormese/estímulo atuam diretamente no  
10 metabolismo celular, por meio da produção e acúmulo de espécies reativas de oxigênio  
11 (ROS), resultando em estresse oxidativo (Okazaki 1997; Bogatek & Gniazdowska 2007).  
12 Assim, as enzimas do metabolismo antioxidativo; como Superóxido Dismutase (SOD),  
13 Catalase (CAT) e Peroxidase (POD), são responsáveis pela eliminação desses ROS formados  
14 em tecidos vegetais (Gill & Tuteja 2010).

15 Quando estas enzimas não conseguem combater os ROS ocorre dano de membrana  
16 celular, quantificado pela peroxidação lipídica (MDA) (Bogatek & Gniazdowska 2007). E  
17 quando os ROS são eliminados pelas enzimas, por estarem em menores concentrações, há um  
18 estímulo fisiológico na forma de hormese, ou seja, há uma resposta positiva ao estresse em  
19 baixos níveis. Assim, o meio científico começou a utilizar o conceito de hormese dentro do  
20 contexto de alelopatia (Reigosa *et al.* 1999; Calabrese & Baldwin 2003).

21 Alelopatia de modo geral, estuda os efeitos da lixiviação ou volatilização de  
22 substâncias liberadas por tecidos vegetais mortos, ou exsudatos radiculares e de sementes  
23 sobre microrganismos e plantas circunvizinhas (Calabrese & Baldwin 2003; Pinã-Rodrigues  
24 *et al.* 2015). Entretanto, nota-se escassez de pesquisas com aleloquímicos isolados a partir de

1 sementes (Souza Filho *et al.* 2011), principalmente, com espécies nativas potenciais para uso  
2 em restauração ecológica pelo sistema de semeadura por “muvuca”.

3 Alguns estudos experimentais revelaram o efeito alelopático hormético de tais  
4 exsudatos sobre outras plantas (Yokotani-Tomita *et al.* 1988; Higashinakasu *et al.* 2004; An  
5 2005). Contudo, há também o efeito alelopático supressor dos exsudatos de sementes,  
6 observado por Kushima *et al.* (1998); Ohno *et al.* (2001) e Higashinakasu *et al.* (2004) e  
7 Simões *et al.* (2009).

8 Assim justifica-se investigar a alelopatia de exsudatos de sementes empregadas na  
9 “muvuca”, para melhor compreender a fisiologia da germinação e o desenvolvimento de  
10 plântulas, sujeitas à exposição dos exsudatos de sementes de distintas espécies.

11 Deste modo, o objetivo do trabalho foi averiguar o potencial alelopático de exsudatos  
12 de sementes de *C. cajan* e *B. forficata*, nas diferentes fases de embebição, sobre a germinação,  
13 desenvolvimento inicial e atividade de sistemas antioxidantes em uma espécie bioindicadora,  
14 o tomate.

15

## 16 **Material e Métodos**

17 As sementes de *Bauhinia forficata* Link. foram coletadas em novembro de 2014 numa  
18 área de reserva legal do município de Capanema-PR (-25.668184 Sul, -53.729575 Oeste)  
19 pertencente ao Terceiro Planalto Paranaense, com solo do tipo Nitossolo Vermelho  
20 Distroférico (Bhering *et al.* 2008), e clima do tipo Cfa temperado segundo Classificação de  
21 Koeppen (1948); e sua exsicata foi depositada no Herbário da Universidade Estadual do Oeste  
22 do Paraná (UNOP), campus Cascavel, sob o registro 2360. Já as sementes do adubo verde  
23 *Cajanus cajan* (L.) Millsp. ‘BRS Mandarin’ e da espécie bioindicadora, tomate (*Solanum*  
24 *lycopersicum* L. ‘Super Marmande’), foram adquiridas comercialmente.

1 Para constituição dos tratamentos foi necessária determinação das fases I e II na curva  
2 de embebição das sementes de *C. cajan* e *B. forficata*. Para este procedimento as sementes  
3 foram acondicionadas em rolos de papel Germitest® umedecidos em água destilada, e  
4 mantidas em B.O.D. As sementes foram pesadas em balança de precisão, em horários pré-  
5 estabelecidos e contados o número de sementes germinadas até 31 horas de embebição para  
6 *C. cajan*, e até 114 horas para *B. forficata*. Desta forma, foi possível calcular a aquisição de  
7 água pelas sementes ao longo do tempo, e caracterizar a curva de embebição para cada  
8 espécie. Assim, os tratamentos foram constituídos em:

- 9 - Água destilada (testemunha);
- 10 - Exsudatos da fase I da curva de embebição das sementes de *C. cajan* (6 horas);
- 11 - Exsudatos da fase II da curva de embebição das sementes de *C. cajan* (20 horas);
- 12 - Exsudatos da fase I da curva de embebição das sementes de *B. forficata* (34 horas);
- 13 - Exsudatos da fase II da curva de embebição das sementes de *B. forficata* (52 horas).

14 O potencial hidrogeniônico (pH) dos exsudatos foi medido em quatro repetições,  
15 contendo 50 sementes em 75 ml de água destilada, nos tempos das fases I e II da curva de  
16 embebição das sementes de *C. cajan* e *B. forficata*, que estavam em B.O.D. à temperatura de  
17 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Após cada período, fez-se leitura do pH diretamente nas  
18 soluções de embebição utilizando pHmetro (Micronal® modelo B474).

19 Para determinação da condutividade elétrica, as sementes foram submetidas ao mesmo  
20 procedimento utilizado para determinação do pH, apenas substituindo água destilada pela  
21 deionizada. As leituras foram feitas em condutímetro (Tecnopon® modelo CA-150), com o  
22 valor da leitura dividido pelo peso da amostra, que fora pesada em balança analítica de  
23 precisão (0,0001 g), e os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$  de semente.

24 Nas mesmas amostras do pH, realizaram-se testes de prospecção fitoquímicos por  
25 meio de reações específicas para detecção de possíveis classes químicas de metabólicos

1 secundários nos exsudatos, para verificar a presença de saponinas, triterpenóides, esteroides,  
2 flavonóides, taninos, fenóis e alcaloides (Matos 1997).

3 Para aplicação dos tratamentos no teste de germinação e desenvolvimento inicial de  
4 tomate, foi necessário dispor as sementes de *C. cajan* e *B. forficata*, precursoras de exsudato,  
5 em rolos (3 folhas) de papel Germitest® umedecidos com 2,5 vezes seu peso seco em água  
6 destilada, e mantê-las em câmara de germinação, tipo B.O.D., com fotoperíodo de 12 horas e  
7 temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ , pelas horas pré-determinadas na curva de embebição.

8 Ao atingir o tempo de cada fase da curva de embebição, as sementes precursoras do  
9 exsudato eram retiradas e em seu lugar dispostas sementes de tomate. A contagem de  
10 sementes de tomate germinadas foi realizada diariamente, por sete dias, sendo considerada  
11 como semente germinada aquela que apresentava no mínimo dois milímetros de raiz primária  
12 (Hadas 1976).

13 Foram avaliadas as seguintes variáveis de germinação: porcentagem de germinação  
14 (PG), tempo médio de germinação (TMG) segundo Edmond & Drapalla (1958), índice de  
15 velocidade de germinação (IVG) conforme Maguire (1962), índice de sincronização (U),  
16 segundo Labouriau & Agudo (1987) e frequência relativa da germinação (Fr); e variáveis de  
17 desenvolvimento inicial, no sétimo dia: comprimento médio da parte aérea e de raiz primária  
18 de plântulas.

19 Também no sétimo dia, foi analisada a atividade de enzimas antioxidantes nas  
20 plântulas de tomate: Superóxido Dismutase (SOD) conforme Beauchamp & Fridovich (1971);  
21 Catalase (CAT) conforme proposto por Azevedo et al. (1998); Peroxidase (POD) de acordo  
22 com Teisseire & Guy (2000) e Peroxidação Lipídica, medida pelos níveis de Malondialdeído  
23 (MDA) segundo Heath & Packer (1976).

24 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro  
25 repetições para todas as variáveis analisadas. Os dados obtidos atenderam os pressupostos de

1 normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett) à  $p < 0,05$ . Portanto, fez-se uso de  
2 testes paramétricos para análise estatística, pela comparação de médias dos tratamentos com a  
3 testemunha pelo Teste Dunnett,  $p < 0,05$ . E para comparar a diferença de cada fase da  
4 embebição dentro de cada espécie precursora do exsudato foi realizado Teste T-Student,  $p <$   
5  $0,05$ ; todos com auxílio do software livre R, versão 3.2.2.

6

## 7 **Resultados e Discussão**

8 O pH encontrado nas soluções de embebição de *C. cajan* e *B. forficata*, independente  
9 da fase de embebição, foi pouco mais ácido que o da testemunha (Tab. 1). O pH da fase II de  
10 *C. cajan* foi mais ácido que o da fase I, já em *B. forficata*, não houve diferença dessa variável  
11 entre as fases de embebição. Apesar disso, os valores de pH observados se mantiveram dentro  
12 dos padrões para testes de germinação in vitro, que situam-se entre 6 e 7,5 (Brasil 2009).  
13 Portanto, esta variável não interferiu no processo de germinação e desenvolvimento inicial de  
14 tomate.

15 No presente estudo, os valores de condutividade elétrica foram superiores nos  
16 exsudatos da fase II, para ambas as espécies (Tab. 1), pois, o tempo de embebição foi  
17 prolongado, nas sementes de *C. cajan* em 14 horas e, nas sementes de *B. forficata* em 18  
18 horas, no intervalo de tempo entre o fim da fase I e II de embebição destas sementes. Com  
19 isso houve maior exsudação de solutos e lixiviação de eletrólitos das células, por difusão  
20 passiva pela hidratação das membranas celulares (Pinã-Rodrigues *et al.* 2015), que ocorre  
21 durante a embebição das sementes no processo germinativo.

22 Análises realizadas na água de embebição das sementes revelaram a presença de  
23 metabólicos secundários, do tipo saponina e triterpenóide pentacíclico para fase I de  
24 embebição de *C. cajan*, e com o aumento na quantidade de exsudatos na água de embebição,

1 de acordo com os resultados de condutividade elétrica, a fase II, resultou ainda na liberação de  
2 tanino pirogálico (Tab. 2).

3 Já para *B. forficata*, independente da fase de embebição, foi exsudado saponina e  
4 tanino pirogálico. Contudo, também sugere-se que estes aleloquímicos estejam em maior  
5 quantidade na fase II, de acordo com dados de condutividade elétrica.

6 Os aleloquímicos encontrados nos exsudatos das sementes analisadas neste trabalho,  
7 também estão presentes em outras partes da planta de mesma espécie. Tanto em *C. cajan*  
8 (Sarkar *et al.* 2013; Paixão *et al.* 2014), como em *B. forficata* (Neto *et al.* 2010; Nogueira &  
9 Sabino 2013).

10 A porcentagem de germinação das sementes do tomate não foi afetada pelos  
11 tratamentos (Tab. 3). O mesmo foi constatado por Meinerz *et al.* (2011) e Carvalho *et al.*  
12 (2014) com extrato aquoso de folhas de *C. cajan* sobre alface (*Lactuca sativa*). Também  
13 Manoel *et al.* (2009) não encontraram significância para esta variável em sementes de tomate  
14 embebidas em extrato aquoso de folhas de *B. forficata*.

15 Sementes de tomate submetidas aos exsudatos de *C. cajan* apresentaram menor tempo  
16 médio de germinação e maior índice de velocidade de germinação em relação à testemunha  
17 (Tab. 3), demonstrando que essas sementes germinaram mais rápido com a aplicação destes  
18 tratamentos.

19 Esta precocidade na germinação do tomate, submetido aos exsudatos das sementes de  
20 *C. cajan* fica evidente nos gráficos de frequência relativa da germinação, onde aparecem picos  
21 unimodais na frequência, sendo que, picos mais altos sinalizam maior sincronização da  
22 germinação, com menor valor desta variável, mostrando que mais sementes germinaram ao  
23 mesmo tempo (Santana & Ranal 2004; Dos Santos *et al.* 2015). Portanto, para a fase I de  
24 embebição do *C. cajan*, houve maior sincronização, em relação à fase II, e destas em relação à  
25 testemunha (Fig. 1A-C).

1 O efeito de estímulo na germinação causada pelo exsudato das sementes de *C. cajan*  
2 pode ter sido causado pelo hormônio vegetal Brassinosteróide (BRs), que tem sua estrutura  
3 formada por triterpenóides pentacíclicos, composto presente nos exsudatos de ambas as fases  
4 de embebição das sementes de *C. cajan* (Tab. 2). Segundo Mussig (2005), sementes em geral  
5 possuem altos níveis de BRs, o qual atua na germinação, interferindo na atuação de outros  
6 hormônios vegetais, como giberelina e ácido abscísico, promovendo aceleração do  
7 crescimento do embrião (Taiz & Zeiger 2013).

8 Os exsudatos das sementes de *B. forficata*, em ambas as fases de embebição, não  
9 influenciaram na porcentagem, tempo médio e índice de velocidade de germinação de tomate  
10 (Tab. 3). Contudo, com a aplicação destes tratamentos, a germinação foi mais sincronizada  
11 em relação à testemunha (Fig. 1A, D e E). Assim como em *B. forficata*, *Cecropia*  
12 *pachystachya*, *Peltophorum dubium* e *Sapium glandulatum* também apresentam saponina e  
13 tanino em seus extratos aquosos, e estes não influenciaram na germinação de sementes de  
14 alface (Maraschin-Silva & Aquila 2006).

15 Apesar dos exsudatos das sementes testadas apresentarem metabólicos secundários na  
16 solução de embebição (Tab. 2), com potencial alelopático mencionado por Vyvyan (2002) e  
17 Taiz & Zeiger (2013), é importante salientar que, nem sempre essas substâncias podem atuar  
18 de forma nociva no vegetal, mesmo estando presentes na solução (Aquila *et al.* 1999), pois  
19 em conjunto esses aleloquímicos podem ter ação diferenciada, do que quando analisados  
20 isoladamente. Ademais, exsudatos são misturas complexas de compostos orgânicos e  
21 inorgânicos, ricos também em substâncias de reservas, como polissacarídeos, lipídeos e  
22 proteínas (Nelson 2004), que por sua vez, podem beneficiar a germinação e o  
23 desenvolvimento das plântulas.

24 As plântulas de tomate, submetidas aos exsudatos das sementes de *C. cajan*, tiveram o  
25 crescimento de parte aérea e raiz estimulados pelos tratamentos, sobretudo no comprimento

1 da raiz pelo exsudato da fase II de embebição (Fig. 2). De forma semelhante, Yokotani-  
2 Tomita et al. (1988), Hasegama et al. (1992) e Iqbal & Fry (2012) pesquisando o efeito dos  
3 exsudatos de sementes de *Lepidium sativum* e *Arabidopsis thaliana*, verificaram que estes  
4 promoveram o alongamento do hipocótilo de plântulas de *Amaranthus caudatus* e *Celosia*  
5 *argentea*, numa proporção de crescimento 25 vezes maior quando comparado ao efeito da  
6 giberilina.

7 Desse modo sugere-se que o efeito de estímulo no crescimento em plântulas de  
8 tomate, assim como na germinação, ocorreu pela provável presença do hormônio BR, nos  
9 exsudatos das sementes de *C. cajan*. Pois, este hormônio, além de estimular a germinação,  
10 tem função bem caracterizada no crescimento e desenvolvimento vegetal (Taiz & Zeiger  
11 2013), por promover alongamento e aceleração da divisão celular, principalmente em tecidos  
12 vegetais jovens, tanto de parte aérea, quanto raiz (Mussig 2005). Este comportamento foi  
13 observado por Schlagnhauser & Arteca (1991), com a aplicação de BR em tomateiro,  
14 observando queda na produção de etileno nas folhas, e conseqüentemente, aumento da taxa de  
15 crescimento da planta.

16 O efeito de crescimento da raiz de plântulas de tomate submetido aos exsudatos da  
17 fase II de embebição das sementes de *C. cajan*, de 1,05 cm maior que as plântulas da fase I  
18 (Fig. 2), pode ter ocorrido, como já mencionado, pela maior quantidade de exsudatos deste  
19 tratamento, valorados pela condutividade elétrica (Tab. 1). Segundo Alves & Santos (2002),  
20 este acréscimo do período de liberação de exsudatos resulta em maior intensidade da  
21 interferência alelopática, seja ela de estímulo ou de inibição, pelo aumento da quantidade de  
22 substâncias exsudadas, mas não necessariamente na concentração destas substâncias.

23 Embora a fase II de embebição do *C. cajan* apresente mais exsudatos, sugere-se que os  
24 aleloquímicos ali presentes, especialmente os triterpenóides pentacíclicos, estejam em baixas  
25 concentrações, ou não haveria promoção do crescimento da raiz. Pois, segundo Mussig

1 (2005), doses elevadas de BRs, derivados de triterpenóides pentacíclicos, inibem o  
2 crescimento deste órgão.

3 O exsudato das sementes da fase I de embebição de *B. forficata* aumentou o  
4 comprimento da parte aérea das plântulas de tomate em 0,72 cm em relação à testemunha, e  
5 em 0,53 cm em relação a fase I (Fig. 2). Pressupõe-se que, este estímulo do crescimento pode  
6 ter sido causado pela ação dos aleloquímicos, presentes neste exsudato (Tab. 2). Pois,  
7 acredita-se que estejam em pequenas concentrações e, induzindo assim a hormese, um  
8 fenômeno que promove o desenvolvimento vegetal, mediada pela expressão da enzima  
9 antioxidante sirtuína, uma enzima que inibe a morte celular, melhorando a estrutura e a  
10 função das mitocôndrias, promovendo crescimento vegetal (Michán & Castillo 2011).

11 O mecanismo do sistema antioxidante ocorre naturalmente nas células vegetais, pois,  
12 há produção de ROS durante a operação de transporte de elétrons da fotossíntese e respiração,  
13 sob condições aeróbias (Taiz & Zeiger 2013). No entanto, quando a planta sofre um estresse,  
14 ocorre maior produção de ROS, aumentando assim a atividade destas enzimas, que tentam  
15 eliminar esses ROS, para não danificar as células.

16 Isto foi observado nas plântulas de tomate submetidas aos exsudatos da fase II das  
17 sementes de *C. cajan*, onde os aleloquímicos presentes neste tratamento, principalmente  
18 tanino pirogálico, promoveram estresse oxidativo nas plântulas de tomate, já que, as enzimas  
19 antioxidantes avaliadas (SOD, CAT e POD), tiveram sua atividade aumentada (Tab. 4).

20 Esta condição de aumento na atividade das enzimas antioxidantes nas plântulas de  
21 tomate, coincidentemente se deu nos exsudatos da fase II de embebição das sementes de *C.*  
22 *cajan*, que também estimulou a germinação (Tab. 3; Fig. 1A-C) e o desenvolvimento inicial  
23 de tomate (Fig. 2). Isto pode ter ocorrido como consequência da condição de estresse a que o  
24 tomate foi submetido, pois, nestas condições ocorre a potencialização da ação dos BRs  
25 (Ikekawa & Zhao 1991), que além de promoverem o crescimento vegetal, ainda aumentam a

1 atividades das enzimas relacionadas à defesa celular, como catalase e superóxido dismutase  
2 (Zhu *et al.* 2010).

3 Desta forma, o sistema enzimático antioxidante das plântulas de tomate foi eficaz na  
4 eliminação dos ROS, aumentando a expressão das enzimas antioxidantes (SOD, CAT e  
5 POD), como forma de uma resposta adaptativa, aumentando assim a defesa celular e  
6 melhorando sua fisiologia (Silva & Ferrari 2011). Porém, apesar dos exsudatos da fase II de  
7 embebição do *C. cajan* gerar estresse oxidativo, não houve dano de membrana, representado  
8 pela peroxidação lipídica ou MDA (Tab. 4), ou seja, a integridade celular foi mantida.

9 A peroxidação lipídica ocorre apenas em condições onde os ROS liberados pelo  
10 estresse ao aleloquímico não é eliminado eficientemente pelas enzimas antioxidantes, e ocorre  
11 então o rompimento da membrana celular (Bogatek & Gniazdowska 2007).

12 Por fim, resultados positivos para alelopatia, obtidos em laboratório, podem não se  
13 repetir em condições naturais, devido à ocorrência simultânea de diversos fatores bióticos e  
14 abióticos que podem mascarar este fenômeno. Portanto recomenda-se fazer abordagens  
15 experimentais à campo e, com espécies receptoras florestais, para verificar estes efeitos em  
16 espécies utilizadas neste sistema. Além disso, sugere-se que seja feita purificação e  
17 identificação das substâncias alelopáticas presentes nos exsudatos das sementes estudadas,  
18 para assim analisar seu comportamento alelopático isoladamente.

19 Acredita-se que sementes de *C. cajan* e *B. forficata* têm potencial para plantio em  
20 sistemas de muvuca, destinadas à restauração ecológica.

### 21 *Conclusão*

22 Os exsudatos das sementes de *C. cajan* e *B. forficata* têm potencial alelopático  
23 hormético, pois, estimularam positivamente a germinação, desenvolvimento inicial e  
24 atividade enzimática antioxidante da planta bioindicadora.

25

## 1 **Agradecimentos**

2           Agradecemos a todos os colaboradores do Laboratório de Fisiologia Vegetal –  
3 UNIOESTE campus Cascavel, pelo apoio logístico no trabalho. Agradecemos ao programa de  
4 Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais desta mesma Universidade, pela  
5 oportunidade de aprimoramento profissional. Os autores também reconhecem CAPES e  
6 Fundação Araucária pela bolsa concedida.

7

## 8 **Referências**

- 9 Alves SM, Santos LS. 2002. Natureza química dos agentes alelopáticos. In: Souza Filho, A.  
10 P. S.; Alves, S. M. (Ed.). Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais. Belém: Embrapa  
11 Amazônia Oriental: 25-47.
- 12 An M. 2005. Mathematical modeling of dose–response relationship in allelopathy (hormesis)  
13 and its application. *Nonlinearity in Biology-Toxicology-Medicine* 3: 153-172.
- 14 Aquila MEA, Ungaretti JAC, Michelin A. 1999. Preliminary observation on allelopathic  
15 activity in *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. *Acta Horticulturae* 502: 383-388.
- 16 Azevedo RA, Alas RM, Smith, RJ, Lea PJ. 1998. Response of antioxidant enzymes to transfer  
17 from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type  
18 and a catalase-deficient mutant of barley. *Physiologia Plantarum* 104: 280-292.
- 19 Beauchamp C, Fridovich I. 1971. Superóxido dismutase: improved assays and an assay  
20 applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry* 44:87-276.
- 21 Beltrame TP, Rodrigues E. 2008. Comparação de diferentes densidades de feijão guandu  
22 (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal  
23 do Paranapanema, SP. *Scientia Forestalis* 36: 317-327.
- 24 Bhering SB, Santos HGD, Bognola IA *et al.* 2008. Mapa de solos do Estado do Paraná:  
25 legenda atualizada. Rio de Janeiro, Embrapa/IAPAR.
- 26 Bogatek R, Gniazdowska A. 2007. ROS and phytohormones in plant-plant allelopathic  
27 interaction. *Plant Signaling & Behavior* 2: 317- 318.
- 28 Brasil. 2009. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e  
29 Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS.
- 30 Calabrese EJ, Baldwin LA. 2003. Hormesis: the dose-response revolution. *Annual Review of*  
31 *Pharmacology and Toxicology* 43: 175-197.
- 32 Carvalho WP, de Carvalho GJ, Neto DDOA, Teixeira LGV. 2014. Alelopatia de extratos de  
33 adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. *Bioscience Journal*, 30:1-  
34 11.
- 35 Dos Santos MA, Braga LF, Neto RMR, da Costa Sorato AM. 2015. Aspectos morfológicos e  
36 fisiológicos da germinação e morfometria de frutos e sementes de *Swartzia recurva*  
37 Poepp.(Fabaceae). *Ciencia & Natura* 37: 34-54.
- 38 Edmond JB, Drapala WJ. 1958. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on  
39 germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 71;  
40 428-434.
- 41 Gill SS, Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress  
42 tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48: 909-930.

- 1 Hadas A. 1976. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external  
2 water potential in osmotic solution. *Experimental of Botany*: 480-489.
- 3 Hasegawa K, Mizutani J, Kosemura S, Yamamura, S. 1992. Isolation and identification of  
4 lepidimoide, a new allelopathic substance from mucilage of germinated cress seeds. *Plant*  
5 *Physiology* 100: 1059-1061.
- 6 Heath RL, Packer L. 1976. Photoperoxidacion in isolated chloroplasts I. Kinetic and  
7 stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 27.
- 8 Higashinakasu K, Yamada K, Shigemori H, Hasegawa K. 2004. Effects of seed exudates of  
9 several plant species during germination stage. *Weed Biology and Management* 4: 171-175.
- 10 Ikekawa N, Zhao Y. 1991. Application of 24-epibrassinolide in agriculture. In:  
11 *Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Applications*, American Chemical Society: 280-  
12 291.
- 13 Iqbal A, Fry SC. 2012. Potent endogenous allelopathic compounds in *Lepidium sativum* seed  
14 exudate: effects on epidermal cell growth in *Amaranthus caudatus* seedlings. *Journal of*  
15 *experimental botany* err436: 1-10.
- 16 Koeppen W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México DF  
17 México: Fondo de cultura económica.
- 18 Kushima M, Kakuta H, Kosemura S, *et al.* 1998. An allelopathic substance exuded from  
19 germinating watermelon seeds. *Plant growth regulation* 25: 1-4.
- 20 Labouriau LG, Agudo M. 1987. On the physiology of germination in *Salvia hispanica* L.  
21 temperature effects. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 59: 37-56.
- 22 Lima Filho DF, Ambrosano EJ, Rossi F, Carlos JAD. 2014. Adubação verde e plantas de  
23 cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília, DF. Embrapa, 1 ed, vol 1., 507 p.
- 24 Lorenzi H. 1998. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas*  
25 *nativas do Brasil*. Vol. 2. 2nd. ed. Nova Odessa, Brazil: Instituto Plantarum de Estudos da  
26 *Flora Ltda.* 352p.
- 27 Maguire JB. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling  
28 emergence vigor. *Crop Science*2: 176-177.
- 29 Malavasi UC, Gasparino D, Malavasi MM. 2005. Semeadura direta na recomposição vegetal  
30 de áreas ciliares: efeitos da sazonalidade, uso do solo, exclusão da predação, e profundidade  
31 na sobrevivência inicial. *Semina: Ciências Agrárias* 26: 449-454.
- 32 Manoel DD, Doiche CFR, Ferrari TB, Ferreira G. 2009. Atividade alelopática dos extratos  
33 fresco e seco de folhas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) e pata  
34 de vaca (*Bauhinia forficata* link) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas  
35 de tomate. *Semina: Ciências Agrárias*, 30: 63-70.
- 36 Maraschin-Silva F, Aquila MEA. 2006. Potencial alelopático de espécies nativas na  
37 germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L.(Asteraceae). *Acta Botanica*  
38 *Brasilica* 20: 61-69.
- 39 Matos FJA. 1997. Introdução à fitoquímica experimental. Fortaleza: Editora UFC, p.44-45.
- 40 Mattei VL. 1995. Preparo do solo e uso de protetor físico, na implantação de *Cedrela fissilis*  
41 *V.* e *Pinus taeda* L., por semeadura direta. *Revista Brasileira de Agrociência* 1: 127-132.
- 42 Meinerz CC, Müller SF, Castagnara DD, Hartsmm-schimit MA, Martinazzo-potz T,  
43 Guimaraes, VF. 2011. 098-Efeito alelopático de plantas de cobertura na germinação de  
44 sementes de alface. *Cadernos de Agroecologia* 5: 1-5.
- 45 Michán S, Castillo JE. 2011. Genética Molecular Y Biogerontología En La Era Posgenómica:  
46 Un Enfoque En Las Sirtuinias. *Acta Biológica Colombiana* 16: 139-159.
- 47 Mussig C. 2005. Brassinosteroid-Promoted Growth. *Plant biology* 7: 110-117.
- 48 Nelson EB. 2004. Microbial dynamics and interactions in the spermosphere. *Annual Review*  
49 *of Phytopathology* 42: 271-309.

- 1 Neto RM, Xavier, LDA, de Almeida, ACV, Paracampo NENP. 2010. Abordagem fitoquímica  
2 dos extratos de cascas do caule e folhas de pata-de-vaca da flor rosa. 14<sup>o</sup> Seminário de  
3 Iniciação Científica da EMBRAPA. Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA.
- 4 Nogueira AC, Sabino CV. 2013. Revisão do Gênero *Bauhinia* Abordando Aspectos  
5 Científicos das Espécies *Bauhinia forficata* Link e *Bauhinia variegata* L. de Interesse para a  
6 Indústria Farmacêutica. Revista Fitos Eletrônica 7: 77-84.
- 7 Ohno S, Tomita-Yokotani K, Kosemura S, *et al.* 2001. A species-selective allelopathic  
8 substance from germinating sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. Phytochemistry, 56:  
9 577-581.
- 10 Okazaki K, Miyamoto K, Ueda J, *et al.* 1997. Inhibitory effect of lepidimoide on senescence  
11 in *Avena* leaf segments. Journal of plant physiology 150: 133-136.
- 12 Oliveira RAM. 2013. 14443-Plantio consorciado de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e  
13 “Muvuca” de Sementes em Sistema Agroflorestal para recuperação de Áreas de Preservação  
14 Permanente Degradadas da Amazônia. Cadernos de Agroecologia 8:1-5.
- 15 Paixão A, Mancebo, B, Sánchez LM. *et al.* 2014. Tamizaje fitoquímico de extractos  
16 metanólicos de *Tephrosia vogelii* Hook, *Chenopodium ambrosoides*, *Cajanus cajan* y  
17 *Solanum nigrum* L. de la provincia de Huambo, Angola. Revista de Salud Animal 36: 164-  
18 169.
- 19 Pietro-Souza W, da Silva NM. 2015. Plantio manual de muvuca de sementes no contexto da  
20 restauração ecológica de áreas de preservação permanente degradadas. Revista Brasileira De  
21 Agroecologia 9: 63-74.
- 22 Pinã-Rodrigues FCM, Figliolia MB, Silva A. 2015. Sementes florestais tropicais: da ecologia  
23 à produção. Londrina, PR. ABRATES, 477p.
- 24 Reigosa MJ, Sánchez-Moreiras A, González L. 1999. Ecophysiological approach in  
25 allelopathy. Critical Reviews in Plant Sciences 18: 577-608.
- 26 Santana DG, Ranal MA. 2004. Análise da germinação – um enfoque estatístico. Brasília:  
27 Editora Universidade de Brasília, 248 p.
- 28 Sarkar R, Hazra B, Mandal N. 2013. Anti-oxidative protection against iron overload-induced  
29 liver damage in mice by *Cajanus cajan* (L.) Millsp. leaf extract. Journal Indian of  
30 Experimental Biology 51: 165-173.
- 31 Schlagnhauser CD, Arteca RN. 1991. The uptake and metabolism of brassinosteroid by  
32 tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants. Journal of plant physiology 138: 191-194.
- 33 Silva WJM, Ferrari CKB. 2011. Metabolismo mitocondrial, radicais livres e envelhecimento.  
34 Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia 14: 441-451.
- 35 Simões K, Du J, Pessoni RAB, *et al.* 2009. Ipomopsin and hymenain, two biscoumarins from  
36 seeds of *Hymenaea courbaril*. Phytochemistry Letters 2: 59-62.
- 37 Souza Filho APS, Trezzi MM, Inoue MH. 2011. Sementes como fonte alternativa de  
38 substâncias químicas com atividade alelopática. Planta Daninha 29: 709-716.
- 39 Taiz L, Zeiger E. 2013. Fisiologia vegetal. 5<sup>a</sup> ed, Artmed: Porto Alegre.
- 40 Teasdale JR, Rice CP, Cai G, Mangum RW. 2012. Expression of allelopathy in the soil  
41 environment: soil concentration and activity of benzoxazinoid compounds released by rye  
42 cover crop residue. Plant Ecology 213: 1893-1905.
- 43 Teisseire H, Guy V. 2000. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in  
44 fronds of duckweed (*Lemna minor*), Plant Science 153: 65-72.
- 45 Vyvyan JR. 2002. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals.  
46 Tetrahedron 58: 1631-1646.
- 47 Yokotani-Tomita K, Goto N, Kosemura S, Yamamura S, Hasegawa K. 1998. Growth-  
48 promoting allelopathic substance exuded from germinating *Arabidopsis thaliana*  
49 seeds. Phytochemistry 47: 1-2.

- 1 Zhu Z, Zhang Z, Qin G, Tian S. 2010. Effects of brassinosteroids on postharvest disease and
- 2 senescence of jujube fruit in storage. *Postharvest biology and technology* 56: 50-55.
- 3

1 **Tabela 1.** Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  semente) dos  
 2 exsudatos de sementes das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus cajan* e *Bauhinia*  
 3 *forficata*. Cascavel – PR, 2016.

		pH	$\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ semente
<b>Testemunha</b>		7,32	0
<b>Exsudatos de <i>C. cajan</i></b>	<b>Fase I</b>	6,69 A <sup>-</sup>	83,19 B <sup>+</sup>
	<b>Fase II</b>	6,11 B <sup>-</sup>	111,01 A <sup>+</sup>
<b>Exsudatos de <i>B. forficata</i></b>	<b>Fase I</b>	5,95 A <sup>-</sup>	335,81 B <sup>+</sup>
	<b>Fase II</b>	6,20 A <sup>-</sup>	427,82 A <sup>+</sup>
<b>CV (%)</b>		8,83	64,14

4 CV: Coeficiente de variação em relação à média;

5 Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre as fases de embebição de cada  
 6 espécie pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );

7 <sup>+</sup> Significativo e superior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );

8 <sup>-</sup> Significativo e inferior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ ).

9

10 **Tabela 2.** Resultados da prospecção fitoquímica dos exsudatos de sementes das fases I e II da  
 11 curva de embebição de *Cajanus cajan* e *Bauhinia forficata*. Cascavel – PR, 2016.

Classe de Metabólicos Secundários	Exsudatos de <i>C. cajan</i>		Exsudatos de <i>B. forficata</i>	
	Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
Saponina	+	+	+	+
Triterpenóides Pentacíclicos	+	+	-	-
Esteróides	-	-	-	-
Flavonóides	-	-	-	-
Taninos Pirogálicos	-	+	+	+
Fenóis	-	-	-	-
Alcalóides	-	-	-	-

12 O sinal (+) indica presença e (-) ausência do constituinte químico.

13

14

1 **Tabela 3.** Porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG) e índice de  
 2 velocidade de germinação (IVG) para sementes de tomate (*Solanum lycopersicum*)  
 3 submetidas aos exsudatos de sementes das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus*  
 4 *cajan* e *Bauhinia forficata*. Cascavel, 2016.

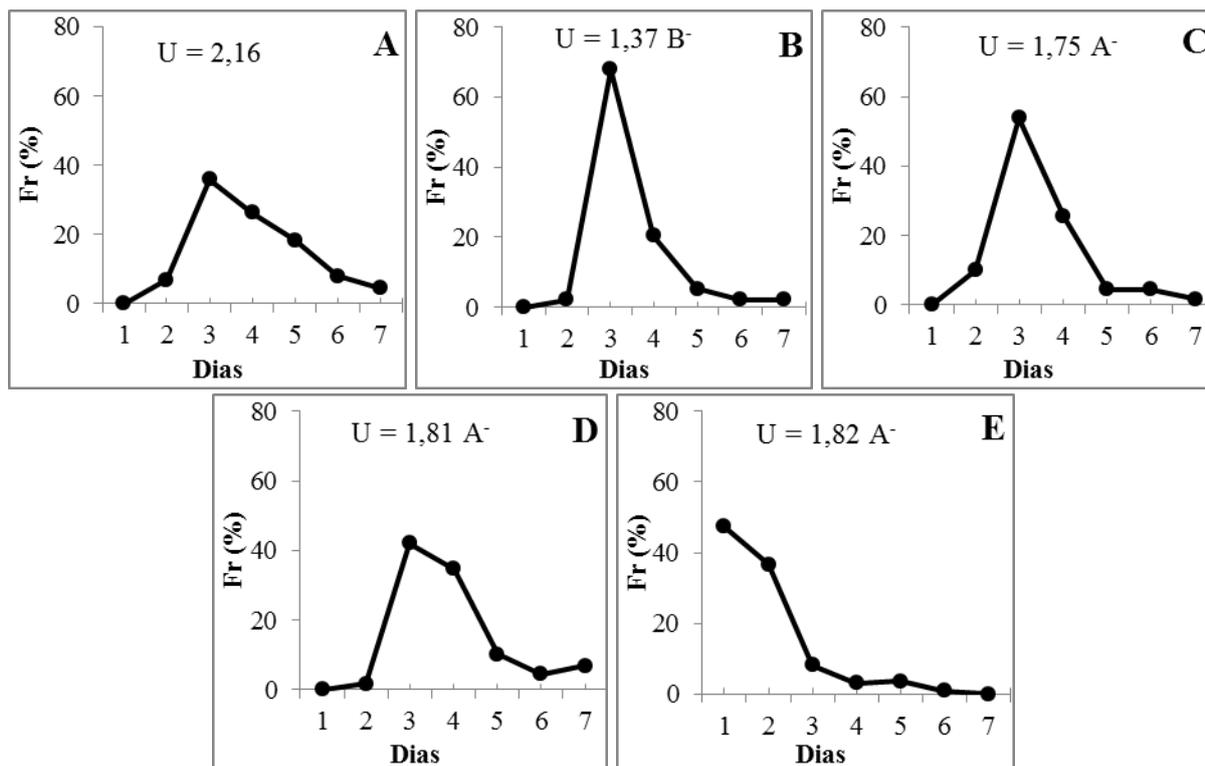
		PG (%)	TMG (dias)	IVG
<b>Testemunha</b>		87,5	3,98	12,09
<b>Exsudatos de <i>C. cajan</i></b>	<b>Fase I</b>	95 A <sup>ns</sup>	3,44 A <sup>-</sup>	14,5 A <sup>+</sup>
	<b>Fase II</b>	90 A <sup>ns</sup>	3,45 A <sup>-</sup>	14,05 A <sup>+</sup>
<b>Exsudatos de <i>B. forficata</i></b>	<b>Fase I</b>	88 A <sup>ns</sup>	3,95 A <sup>ns</sup>	12,02 A <sup>ns</sup>
	<b>Fase II</b>	86,5 A <sup>ns</sup>	3,91 A <sup>ns</sup>	11,74 A <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>		4,78	5,7	6,23

5 CV: Coeficiente de variação em relação à média;  
 6 Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre as fases de embebição de cada  
 7 espécie pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );  
 8 <sup>+</sup> Significativo e superior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );  
 9 <sup>-</sup> Significativo e inferior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );  
 10 <sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ ).  
 11

12 **Tabela 4.** Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase  
 13 (POD) e peroxidação lipídica (MDA) em plântulas de tomate (*Solanum lycopersicum*)  
 14 submetidas aos exsudatos de semente das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus cajan*  
 15 e *Bauhinia forficata*. Cascavel, 2016.

		SOD $\mu \text{mg}^{-1}$ proteína	CAT $\text{mKat mg}^{-1}$ proteína	POD $\mu \text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína	MDA $\text{nmol g}^{-1}$ massa seca
<b>Testemunha</b>		22,08	54,24	1,77	2,89
<b>Exsudatos de <i>C. cajan</i></b>	<b>Fase I</b>	75,76 B <sup>ns</sup>	79,11 B <sup>ns</sup>	2,62 B <sup>ns</sup>	3,14 A <sup>ns</sup>
	<b>Fase II</b>	144,31 A <sup>+</sup>	159,83 A <sup>+</sup>	8,17 A <sup>+</sup>	1,99 A <sup>ns</sup>
<b>Exsudatos de <i>B. forficata</i></b>	<b>Fase I</b>	72,71 A <sup>ns</sup>	35,48 A <sup>ns</sup>	2,61 A <sup>ns</sup>	3,42 A <sup>ns</sup>
	<b>Fase II</b>	59,55 A <sup>ns</sup>	51,86 A <sup>ns</sup>	2,38 A <sup>ns</sup>	3,31 A <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>		64,01	88,96	75,55	42,63

16 CV: Coeficiente de variação em relação à média;  
 17 Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre as fases de embebição de cada  
 18 espécie pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );  
 19 <sup>+</sup> Significativo e superior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ ).  
 20



1

2

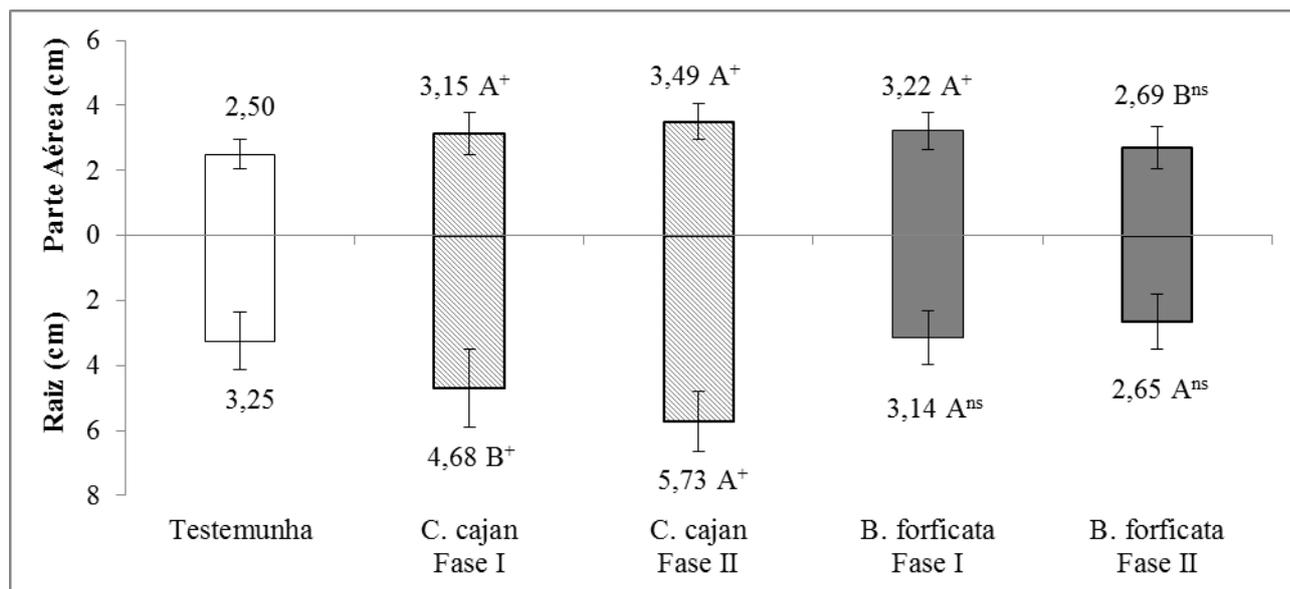
3 Médias seguidas pela mesma letra entre os gráficos B e C; D e E não diferem estatisticamente entre as fases de  
 4 embebição de cada espécie pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );

5 <sup>-</sup> Significativo e inferior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );

6

7 **Figura 1.** Frequência relativa da germinação (Fr) e índice de sincronização (U) de tomate  
 8 (*Solanum lycopersicum*) embebido em água destilada – Testemunha (A); submetido aos  
 9 exsudatos de sementes de *Cajanus cajan* nas fases I (B) e II (C) da curva de embebição, e  
 10 submetidos aos exsudatos de *Bauhinia forficata* nas Fases I (D) e II (E) da curva de  
 11 embebição. Cascavel, 2016.

12



Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre as fases de embebição de cada espécie (colunas da mesma cor/brochura) pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );

<sup>+</sup> Significativo e superior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );

<sup>-</sup> Significativo e inferior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ ).

**Figura 2.** Comprimento médio de raiz e parte aérea de plântulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) submetido aos exsudatos de semente das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus cajan* e *Bauhinia forficata*. Barras verticais indicam o desvio padrão. Cascavel, 2016.

## ANEXO 1

---

**ACTA  
BOTANICA  
BRASILICA**

---



ISSN 0102-3306 versão impressa

ISSN 1677-941X versão on-line

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

### Tipos de artigos

Trabalhos de pesquisa padrão (artigos originais) não deve normalmente exceder doze páginas impressas, com exceção de revisões (que não pode exceder 25 páginas impressas). As revisões são solicitadas pelos editores, mas autores também são incentivados a apresentar tópicos potenciais para a consideração. Artigos de opinião (pontos de vista), métodos e comunicações curtas também são bem-vindos e não deve exceder cinco páginas impressas. Para estimar o número de páginas impressas, considerar que cada página de texto contém cerca de 500-700 palavras.

### Resumo dos processos de submissão

Gestão e avaliação dos manuscritos submetidos à apresentação envolverá sistema de submissão do manuscrito do Jornal on-line. O texto manuscrito deve ser preparado em Inglês (ver PREPARAÇÃO DO ARTIGO arquivo abaixo para mais detalhes) e enviado on-line (<http://mc04.manuscriptcentral.com/abb-scielo>). Figuras, tabelas e outros tipos de conteúdo devem ser organizados em arquivos separados para a apresentação (veja Preparando Tabelas, Figuras e Material suplementar abaixo para detalhes). Se você estiver usando o sistema de submissão on-line pela primeira vez, por favor, vá para a página de login e gerar um nome de login e senha após clicar no botão "Novo usuário - registre-se aqui" link. Se você já está registrado, mas precisa ser lembrado de seu nome de login ou senha, por favor, vá até a página de login e informar o seu e-mail no "password ajuda". Por favor, nunca criar uma nova conta se você já está registrado.

Se você não conseguir acessar o nosso sistema de submissão baseado na web, por favor contate o Gabinete Editorial ([acta@botanica.org.br](mailto:acta@botanica.org.br)).

## Carta de apresentação

Todos os manuscritos devem ser apresentados com uma carta de apresentação, que deve incluir um resumo de aproximadamente 80 palavras dos pontos fortes científicos do papel que os autores acreditam qualificá-lo à consideração da Acta Botanica Brasilica. A carta também deve incluir uma declaração de que o manuscrito relata obra inédita que não foi submetido para publicação em outro lugar, nem foi aceito para publicação, nem foi publicado na íntegra ou em parte (exceto na forma de resumo).

## Preparando o arquivo artigo

(Por favor, consulte uma última edição da Acta Botanica Brasilica para ver layout e estilo)

Todos os manuscritos devem seguir estas diretrizes: o texto deve ser em fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço duplo e com margens de 25 mm; o tamanho do papel deve ser definido como A4 (210 x 297 mm). Todas as páginas devem ser numeradas sequencialmente. Cada linha do texto também devem ser numeradas, com cada página iniciando com linha 1. Para arquivos de texto .doc, .docx e .rtf são os únicos formatos aceitáveis. Os arquivos em Adobe® formato PDF (arquivos .pdf) não serão aceitos. Quando apropriado, o arquivo artigo deve incluir uma lista de legendas de figuras e cabeças tabela no final. Este arquivo artigo não deve incluir quaisquer ilustrações ou tabelas, os quais devem ser apresentados em arquivos separados.

A primeira página deve indicar o tipo de artigo (artigo original, Revisão, Ponto de Vista, método ou pequena comunicação) e fornecer um título completo conciso e informativo, seguido pelos nomes de todos os autores. Quando necessário cada nome deve ser seguido por um número de identificação sobrescrito (1, 2, 3, etc.) associados com o endereço institucional apropriada para ser inserido na parte inferior da página. Apenas um autor correspondente deve ser indicado com um asterisco e deve sempre ser o autor responsável pela submissão. O endereço institucional de cada autor (es) deve ser listado ao lado, cada endereço que está sendo precedido pelo número sobrescrito se necessário. O endereço deve ser sintético, apenas o suficiente para enviar uma carta. Títulos e posições não devem ser mencionados. Esta informação é seguida pelo endereço de e-mail do autor correspondente.

A segunda página deverá conter um resumo estruturado que não exceda 200 palavras em um único parágrafo, sem referências. O resumo deve delinear o conteúdo essencial do manuscrito, especialmente os resultados e discussão, destacando a relevância dos resultados principais.

O resumo deve ser seguido por entre cinco e dez palavras-chave. Observe que as palavras essenciais no título devem ser repetidas nas palavras-chave.

Os artigos originais devem ser divididos em seções apresentados na seguinte ordem:

Folha de rosto

Abstrato

Introdução

Materiais e métodos

Resultados

Discussão

Agradecimentos

Referências

Tabelas e legendas das figuras

Dados complementares (se aplicável)

Materiais e Métodos e Resultados deve ser clara e concisa. A sessão de discussão deve evitar repetição extensiva dos resultados e deve terminar com algumas conclusões. Esta secção pode ser combinada com resultados (Resultados e Discussão), no entanto, recomendamos autores consultar o Conselho Editorial para uma avaliação anterior.

Nomes de plantas devem ser escrito completos na primeira menção, após pode ser escrita abreviado, mas o género só é necessário para a primeira espécie em uma lista dentro do mesmo género (por exemplo *Hymenaea stigonocarpa* e *H. stilbocarpa*). A autoridade (por exemplo, L., Mill., Benth.) É necessário apenas na secção Materiais e Métodos. Use o índice Plant Names International ([www.ipni.org](http://www.ipni.org)) para nomes de plantas corretos. Cultivares ou variedades deve ser adicionado ao nome científico (por exemplo, *Solanum lycopersicum* 'Jumbo'). Os autores devem incluir em Material e Métodos uma referência à exsicata (s) e número (s) comprovante das plantas ou outro material examinados.

Abreviaturas devem ser evitadas exceto nos casos habituais (ver edições recentes) e todos os termos devem ser escritos por extenso, quando usado para iniciar uma frase. Abreviaturas não convencionais devem ser explicitadas na primeira menção.

Unidades de medida. Acta. bot. bras. adotou as Système International d'Unités (SI) - Sistema Internacional de Unidades . Para um volume, utilizar o metro cúbico (por exemplo 1 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>) ou o litro (por exemplo, 5 mL, 5 mL, 5 L). Para concentrações, usar µM, µmol L<sup>-1</sup> ou mg L<sup>-1</sup>. Para tamanho e usar a distância metros (cm, mm, etc) e ser consistente no manuscrito.

Números até nove devem ser escritos a menos que sejam medidas. Todos os números acima de dez deve estar em algarismos, a menos que eles estejam começando frases.

As citações no texto devem assumir a forma de Silva (2012) ou Ribeiro & Furr (1975) ou (Mayer & Wu 1987a, b; Gonzalez 2014; Sirano 2014) e ser ordenadas cronologicamente. Artigos com três ou mais autores, mesmo em primeira menção, devem ser abreviados para o nome do primeiro autor seguido de et al. (Por exemplo, Simmons et al. 2014). Se dois autores diferentes têm o mesmo sobrenome, e o artigo tem o mesmo ano de publicação, dar suas iniciais (por exemplo JS Santos, 2003). Apenas se referir a artigos como "no prelo" se tiver sido aceito para publicação em uma revista renomada, caso contrário usar o termo "unpubl. res.", dando as iniciais e o último nome da pessoa em causa (Negra Santos unpubl. res.).

As referências devem ser organizadas em ordem alfabética com base no sobrenome do autor (s). Quando o mesmo autor (es) tem dois ou mais artigos listados, estes documentos devem ser agrupados por ano. Letras 'a', 'b', 'c', etc., devem ser adicionados à data de artigos com a mesma citação no texto. Por favor, forneça DOI sempre que possível.

Para papéis com seis autores ou menos, por favor, dê os nomes de todos os autores. Para papéis com sete autores ou mais, por favor, dê os nomes dos três primeiros únicos autores, seguido de et al.

Por favor, siga os estilos:

#### Livros

Smith GM. 1938. Cryptogamic botany. Vol. II Bryophytes and Pteridophytes. 2nd. edn. New York, McGraw-Hill Book Company.

#### Capítulos de Livros

Schupp EW, Feener DH. 1991. Phylogeny, lifeform, and habitat dependence of ant-defended plants in a Panamanian forest. In: Huxley CR, Cutler DC. (eds.) Ant-plant interactions. Oxford, Oxford University Press. p. 175-197.

#### Artigos de Pesquisa

Alves MF, Duarte MO, Oliveira PEAM, Sampaio DS. 2013. Self-sterility in the hexaploid *Handroanthus serratifolius* (Bignoniaceae), the national flower of Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 27: 714-722.

#### Artigos impressos

Alves JJ, Sampaio MTY. 2015. Structure and evolution of flowers. *Acta Botanica Brasilica* (in press). doi: 10.1590/0102-33062015abb3339.

Revistas On-line

Wolkovich EM, Cleland EE. 2014. Phenological niches and the future of invaded ecosystems with climate change. *AoB Plants* 6: plu013 doi:10.1093/aobpla/plu013

Teses (citações devem ser evitadas)

Souza D. 2014. Plant growth regulators. PhD Thesis, University of Brazil, Brazil.

Sites e outras fontes (citação devem ser evitadas)

Anonymous. 2011. Title of booklet, leaflet, report, etc. City, Publisher or other source, Country.

References to websites should be structured as: author(s) name author(s) initial(s). year. Full title of article. Full URL. 21 Oct. 2014 (Date of last successful access).

Agradecimentos devem ser, de preferência em menos do que 80 palavras. Seja conciso: "nós pensamos ..." é preferível a "Os presentes autores gostariam de expressar seus agradecimentos a ...". Informação de Financiamento devem ser incluídos nesta seção.

O exemplo a seguir deve ser seguido:

Nós agradecemos o Centro de Microscopia (UFMG) para fornecer o apoio material e técnico para experimentos envolvendo microscopia eletrônica. Agradecemos também a J. S. Santos de assistência com as análises estatísticas. Este trabalho foi apoiado por uma bolsa de investigação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (número de identificação).

Para Comunicações Breves, note que as diretrizes editoriais aplicáveis aos artigos originais devem também aplicar aqui. Em geral, a diferença entre os documentos originais e comunicações curtas é a falta de subseções no texto e espaço limitado para ilustrações desta última. As figuras e tabelas podem estar presentes, assumindo que o tamanho total do manuscrito não exceda os cinco limite de página impressa (material suplementar pode ser adicionado). O sumário (como descrito para os artigos originais) deve ser seguido por um "texto funcionando" (uma única seção, sem subtítulos), seguido pelos reconhecimentos e referências.

## Preparando figuras, tabelas e material suplementar

Todas as figuras (fotografias, mapas, desenhos, gráficos, diagramas, etc.) e tabelas devem ser citadas no texto, em ordem crescente. As citações de figuras no texto devem aparecer abreviadas, na forma capitalizada (por exemplo, Fig. 1, Fig. 2A-D, Fig. 3A, Figs. 3A, 4C, Tab.1).

As dimensões máximas de figuras individuais devem ser de 170 × 240 mm. A largura de um componente individual pode ter 170 mm ou 85 mm, sem exceção, enquanto que a altura pode ser ≤ 240 mm. Para imagens em tons contínuos (por exemplo, fotografias), forneça os arquivos TIFF a 300 dpi. Desenhos mais complexos, tais como ilustrações botânicas detalhadas não vai ser redesenhado e deve ser fornecido como 600 arquivos TIFF dpi.

Agrupamento de gráficos relacionados ou imagens em uma única figura (uma placa) é fortemente encorajado. Quando um bloco de material ilustrativo consiste em várias partes, cada parte deve ser rotulada com letras maiúsculas sequenciais, na ordem em que foram citadas no texto (A, B, C, etc.). As letras que identificam imagens individuais devem ser inseridas dentro de círculos brancos no canto inferior direito. Para separar as imagens agrupadas, os autores devem inserir barras brancas (1 mm de espessura).

Imagens individuais (não agrupadas como uma placa) devem ser identificados com algarismos árabes sequenciais, na ordem em que foram citadas no texto (Fig. 1, a Fig. 2, a Fig. 3, etc.), apresentando na mesma maneira das letras para identificar imagens individuais (descritos acima).

O número que identifica uma figura agrupada (por exemplo, Fig. 2) não deve ser inserido na placa, mas sim deve ser referenciado apenas na legenda da figura e o texto (por exemplo, Fig. 2A-C).

Barras de escala, quando necessário, devem ser posicionadas no canto inferior do lado direito da figura. As unidades de barra de escala devem ser dadas quer no final do subtítulo da figura ou, quando uma figura contém várias barras de escala com diferentes unidades, acima de cada barra.

Detalhes dentro de uma figura podem ser indicado com setas, letras ou símbolos, conforme apropriado.

As tabelas devem ser precedidas por títulos, indicados com algarismos arábicos sequenciais (Tabela 1, 2, 3, etc. ; não abreviar). As tabelas devem ser criadas usando a função de tabela do Microsoft Word <sup>TM</sup>. Colunas e fileiras devem ser visíveis, embora linhas escuras não devem ser usadas para separá-los. Regras horizontais devem ser usadas apenas na parte superior

(abaixo do título) e inferior (abaixo da linha final) da tabela. Não use preenchimentos, sombreamento ou cores nas tabelas.

Quando apropriado, dados em excesso (mas importantes) podem ser submetidas como arquivos suplementares, que serão publicados on-line e será disponibilizado como links. Isso pode incluir outras figuras, tabelas ou outros materiais que são necessários para documentar completamente a pesquisa contida no papel ou para facilitar a capacidade dos leitores para entender o trabalho.

Materiais suplementares geralmente não são examinados pelos pares arbitrados. Quando um artigo é publicado, os materiais complementares estarão em link na página da web do artigo principal. Eles podem ser citados, usando o mesmo DOI como o artigo.

Materiais suplementares devem ser apresentados em .doc adequado ou formato de arquivo .pdf. Esses arquivos devem conter dentro de todas as tabelas e arquivos complementares e qualquer texto adicional. O título completo dos nomes do artigo e autor deve ser incluído no cabeçalho. Todas as figuras e quadros suplementares devem ser encaminhados no corpo do manuscrito como: "Tabela S1" e / ou "Figura S1".

Acta bot. bras. pretende manter arquivos de materiais complementares, mas não garante a sua disponibilidade constante. Acta. bot. bras. reserva-se o direito de remover materiais suplementares a partir de um artigo publicado no futuro.

Sociedade Botânica do Brasil

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627

Campus Pampulha UFMG

Biblioteca Central 300B

31270-901 Belo Horizonte, MG, Brazil

Phone (55 31) 3409 3960, (55 31) 3409 2683

sbb@botanica.org.br

## CAPÍTULO 2

### **Análise fitoquímica e efeito alelopático de exsudatos de sementes na germinação e desenvolvimento inicial de espécies florestais utilizadas em “muvuca”**

O artigo segue as normas sugeridas pela Revista Scientia Forestalis citada no anexo 1 deste capítulo.

**Análise fitoquímica e efeito alelopático de exsudatos de sementes na  
germinação e desenvolvimento inicial de espécies florestais utilizadas em  
“muvuca”**

**Phytochemical analysis and allelopathic effect of seed exudates on  
germination and early development of forest species used in "muvuca"**

Raquel Valmorbida<sup>1\*</sup>; Andréa Maria Teixeira Fortes<sup>2</sup>; Jaqueline Malagutti Corsato<sup>3</sup>

**Resumo:** Muvuca é uma técnica de semeadura de espécies florestais com adubos verdes para fins de restauração ecológica. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a presença de aleloquímicos e o efeito alelopático de exsudatos de sementes de *C. cajans* e *B. forficata*, sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *B. forficata* e *P. rigida*. Os tratamentos foram: Testemunha; Exsudatos das fases I e II da curva de embebição das sementes de *C. cajan* e *B. forficata*, que foram submetidos a testes de pH, condutividade elétrica e prospecção fitoquímica. As espécies receptoras *B. forficata* e *P. rigida* foram avaliadas quanto à germinação e desenvolvimento inicial. Segundo dados de condutividade elétrica, houve maior liberação de exsudatos na fase II de embebição. Todos os exsudatos apresentaram algum tipo de aleloquímico. O exsudato da fase I de embebição de *C. cajan*, e das fases I e II das sementes de *B. forficata* estimularam o comprimento da parte aérea de *P. rigida*. Porém, o exsudato da fase II de embebição das sementes de *C. cajan*, influenciou negativamente a germinação e desenvolvimento inicial de *B. forficata*. E ainda retardou a germinação de *P. rigida*.

**Palavras-chave:** aleloquímicos; exsudatos de sementes; fases da embebição; restauração ecológica; feijão guandu, pata de vaca, angico-vermelho.

**Summary:** Muvuca is a seeding technique of forest species with green manure for ecological restoration purposes. The objective of this study was to evaluate the presence of allelochemicals and the allelopathic effect of exudates of *C. cajans* seeds and *B. forficata* on the germination and early development *B. forficata* and *P. rigida*. The treatments were: Witness; Exudates of Phases I and II of the imbibition curve of seeds of *C. cajan* and *B. forficata*, who underwent pH testing, electrical conductivity and phytochemical screening. The receptor species *B. forficata* and *P. rigida* were evaluated for germination and early development. According to the data electrical conductivity, a greater release of exudates in phase II of soaking. All exudates had some type of allelochemicals. The exudate of phase of soaking *C. cajan*, and phases I and II of the seeds of *B. forficata* stimulated the long shoots of *P. rigida*. However, the exudates of phase II of the seeds of *C. cajan*, negatively affected the germination and early development *B. forficata*. And yet delayed germination of *P. rigida*.

**Keywords:** allelochemicals; seed exudates; stages of soaking; ecological restoration; pigeon pea, cow foot, angico-red.

## Introdução

Quando se pensa em restauração ecológica de áreas degradadas, é de suma importância a escolha das espécies a serem utilizadas e, da técnica a ser implantada para o recobrimento vegetal da área a ser restaurada. BELTRAME; RODRIGUES (2007) recomendam que sejam incorporadas espécies florestais de distintos grupos sucessionais, juntamente com espécies de adubação verde, para acelerar o processo de restauração.

Uma técnica usada na restauração ecológica de uma área degradada é a muvuca de sementes, em que se realiza semeadura de espécies florestais juntamente com leguminosas de adubação verde. A muvuca poder ser implantada com maquinários agrícolas convencionais, tornando o reflorestamento mais econômico e, de rápida implantação em relação ao plantio convencional de mudas, (CULTURA MIX, 2013). Esta técnica de semeadura tem sido implantada em diversas regiões do Brasil e, seu emprego é incentivado por instituições públicas e privadas (MALAVASI; GASPARINO, 2005; OLIVEIRA, 2013; PIETRO-SOUZA; DA SILVA, 2015).

Uma das espécies mais empregada como adubo verde na muvuca é *Cajanus cajan*, popular feijão guandu, da família Fabaceae (PIETRO-SOUZA; DA SILVA, 2015), é nativa da África Tropical Ocidental, possui ciclo de vida de aproximadamente três anos, o que dificulta uma ação invasora (BELTRAME; RODRIGUES 2008). A espécie apresenta porte arbustivo ereto de 2 a 3 metros de altura, rápido crescimento, com alta produtividade de fitomassa para a cobertura do solo (LIMA FILHO et al., 2014), tendo ainda importante papel na adubação pela fixação de nitrogênio.

Entre as espécies florestais de preenchimento com potencial uso na muvuca de sementes está a *Bauhinia forficata* Link. (Fabaceae) ou popular pata de vaca. Ocorre naturalmente em toda Mata Atlântica e, é muito utilizada para sistema de restauração ecológica (LORENZI, 1998).

Outra espécie essencial para ser incorporada na muvuca é *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae), conhecida por angico-vermelho ou guarucaia, espécie considerada de diversidade, pois tem comportamento de secundária inicial a precursora tardia dentro da sucessão ecológica (LORENZI, 1992; LONGHI, 1995). Ocorre desde Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo até o Rio Grande do Sul, porém é mais frequente nos três estados sulinos (LORENZI, 1992).

No sistema de semeadura pela muvuca são usadas cerca de 40 espécies distintas, com alta densidade no plantio, cerca de 470.000 sementes/ha, destas, apenas 4% germinam, mesmo sendo feita superação da dormência para as espécies que assim necessitam, antes da semeadura (CULTURA MIX, 2013). Portanto, é importante estudar a germinação e o desenvolvimento inicial das espécies condicionadas a este sistema de semeadura.

A germinação de qualquer espécie é iniciada com a hidratação da semente, para ativação da mobilização de reservas e enfraquecimento da parede celular (NONOGAKI et al., 2010). Há três fases de embebição, proposto por BEWLEY; BLACK (1978), sendo nestas exsudado conteúdos celulares e metabólicos secundários (SOUZA FILHO et al., 2011). Essas substâncias provindas do metabolismo secundário podem ser chamadas de aleloquímicos, pois podem estimular ou suprimir o desenvolvimento e o crescimento de outras plantas, esta interação química é chamada de alelopatia (TEASDALE et al., 2012).

Estudos experimentais revelaram que exsudatos de sementes podem proporcionar efeito alelopático estimulante ou hormético (YOKOTANI-TOMITA et al., 1988; HIGASHINAKASU et al., 2004; AN, 2005), ou inibitório (KUSHIMA et al., 1998; OHNO et al., 2001; HIGASHINAKASU et al., 2004; SIMÕES et al., 2009) sobre outras plantas. Contudo, pesquisas com aleloquímicos isolados a partir de sementes são raros (SOUZA FILHO et al., 2011), porém estudos prévios têm demonstrado que lixiviados de sementes de muitas plantas podem alterar a germinação e o desenvolvimento de diferentes espécies de plantas (SUMAN et al., 2002).

Perante as informações restritas com alelopatia de exsudatos de sementes, é notável a necessidade de realizarem-se estudos referentes a essa linha de pesquisa, principalmente, com espécies nativas potenciais para uso em restauração ecológica. Logo, há de se compreender melhor a interação ocorrente entre sementes de distintas espécies usadas em sistema de semeadura por muvuca.

O objetivo deste trabalho foi identificar a presença de aleloquímicos e avaliar o efeito alelopático de exsudatos de sementes de *C. cajans* e *B. forficata*, sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de *B. forficata* e *P. rigida*.

## **Material e Métodos**

As sementes de feijão guandu *Cajanus cajan* (L.) Millsp. 'BRS Mandarin' foram adquiridas comercialmente. As sementes de *Bauhinia forficata* Link. e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan foram coletadas em novembro de 2014 numa área de reserva legal do município de Capanema-PR (-25.668184 Sul, -53.729575 Oeste) pertencente ao Terceiro Planalto Paranaense, com solo do tipo Nitossolo Vermelho Distroférico (BHERING et al., 2008), e clima do tipo "Cfa" temperado segundo o sistema de classificação de Koeppen.

Para constituição dos tratamentos foi necessária determinação das fases I e II na curva de embebição das sementes de *C. cajan* e *B. forficata*. Para este procedimento as sementes foram acondicionadas em rolos de papel Germitest® umedecidos em água destilada, e mantidas em B.O.D. Em horários pré-estabelecidos as sementes foram pesadas em balança de precisão, e contados o número de sementes germinadas até 31 horas de embebição para *C. cajan*, e até 114 horas para *B. forficata*. Desta forma, foi possível calcular a aquisição de água pelas sementes ao longo do tempo, e caracterizar a curva de embebição para cada espécie. Assim, os tratamentos foram constituídos em:

- Água destilada (testemunha);
- Exsudatos da fase I da curva de embebição das sementes de *C. cajan* (6 horas);
- Exsudatos da fase II da curva de embebição das sementes de *C. cajan* (20 horas);
- Exsudatos da fase I da curva de embebição das sementes de *B. forficata* (34 horas);
- Exsudatos da fase II da curva de embebição das sementes de *B. forficata* (52 horas).

O potencial hidrogeniônico (pH) dos exsudatos foi determinado com quatro repetições de 50 sementes em 75 ml de água destilada, nos tempos das fases I e II da curva de embebição das sementes de *C. cajan* e *B. forficata*, mantidas em B.O.D. à temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. Após cada período, fez-se leitura diretamente nas soluções de embebição utilizando pHmetro (Micronal® modelo B474).

Para determinação da condutividade elétrica, as sementes foram submetidas ao mesmo procedimento utilizado para determinação do pH, apenas substituindo a água destilada pela deionizada e, as leituras feitas em condutímetro (TecnoPON®

modelo CA-150). O valor da leitura foi dividido pelo peso da amostra, pesada em balança analítica de precisão (0,0001 g) e os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$  de semente.

Nas mesmas amostras em que se determinou o pH, realizaram-se testes de prospecção fitoquímica por meio de reações específicas para detecção de possíveis classes químicas de metabólitos secundários nos exsudatos para verificar a presença de saponinas, triterpenóides, esteroides, flavonoides, taninos, fenóis e alcaloides (MATOS, 1997).

Para aplicação dos tratamentos no teste de germinação e desenvolvimento inicial das espécies receptoras: *B. forficata* e *P. rigida*, foi necessário dispor as sementes precursoras do exsudato: *C. cajan* e *B. forficata*, em rolos (3 folhas) de papel Germitest® umedecidos com água destilada, e mantê-las em câmara de germinação, tipo B.O.D., com fotoperíodo de 12 horas e temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ , pelas horas pré-determinadas de cada tratamento.

Ao atingir o tempo de cada fase da curva de embebição, as sementes precursoras do exsudato foram retiradas e em seu lugar dispostas sementes de *B. forficata* e *P. rigida*. A contagem de sementes germinadas foi realizada diariamente, até o trigésimo dia após a semeadura (DAS) para *B. forficata* e, até o sétimo DAS para *P. rigida*, sendo considerada como semente germinada aquela que apresentava no mínimo 2 mm de raiz primária (HADAS, 1976).

Foram avaliadas as seguintes variáveis de germinação: porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG) segundo EDMOND; DRAPALLA (1958), índice de velocidade de germinação (IVG) conforme MAGUIRE (1962), frequência relativa da germinação (Fr) e índice de sincronização (U) segundo LABOURIAU; AGUDO (1987); e variáveis de desenvolvimento inicial, no último dia

de avaliação de cada espécie: comprimento médio da parte aérea e de raiz de plântulas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições para todas as variáveis analisadas. Os dados obtidos atenderam os pressupostos de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett) à  $p < 0,05$ . Portanto, fez-se uso de testes paramétricos para análise estatística, pela comparação de médias dos tratamentos com a testemunha pelo Teste Dunnett,  $p < 0,05$ . E para comparar a diferença de cada fase da embebição dentro de cada espécie precursora do exsudato foi realizado Teste T-Student,  $p < 0,05$ ; todos com auxílio do software livre R, versão 3.2.2.

## Resultados e Discussão

Independente da fase de embebição das sementes, os valores de pH das soluções de embebição de *C. cajan* e *B. forficata*, foram levemente mais ácidos que o pH da testemunha (Tabela 1). O pH da solução de embebição da fase II de *C. cajan*, foi mais ácido que o pH da fase I. Já para *B. forficata*, não houve diferença de pH entre as fases de embebição. No entanto, os valores de pH obtidos neste trabalho se mantiveram dentro do que se considera adequado para testes de germinação in vitro, que situam-se entre 6 e 7,5 (BRASIL, 2009). Assim, pode-se excluir interferência desse fator no efeito dos tratamentos sobre a germinação e desenvolvimento inicial das espécies receptoras.

Entra Tabela 1.

As soluções de embebição na fase II de *C. cajan* e *B. forficata* apresentaram maiores valores de condutividade em relação à fase I (Tabela 1), pois, o tempo de embebição das sementes desta fase foi prolongado, para *C. cajan* em 14 horas e, *B. forficata* em 18 horas, no intervalo de tempo entre o fim da fase I e fim da fase II.

Resultando assim, em maior exsudação de solutos e lixiviação de eletrólitos das células, por difusão passiva durante a hidratação das membranas celulares, que ocorre durante a embebição das sementes no processo germinativo (PINÃ-RODRIGUES et al., 2015).

A solução de embebição das sementes de *C. cajan* revelou a presença de metabólicos secundários, do tipo saponina e triterpenóide pentacíclico na fase I. Porém, o aumento da condutividade elétrica da solução na fase II de embebição (Tabela 1), resultou ainda na liberação de tanino pirogálico. Todavia, nos exsudatos de *B. forficata*, as duas fases de embebição, apresentaram saponina e tanino pirogálico como constituintes químicos (Tabela 2). Contudo, também sugere-se que estes aleloquímicos estejam em maior quantidade na fase II, de acordo com dados de condutividade elétrica.

Entra Tabela 2.

Os aleloquímicos encontrados nos exsudatos das sementes analisadas neste trabalho, também são encontrados em outras partes da planta. Tanto em *C. cajan* (SARKAR et al., 2013; PAIXÃO et al., 2014), como em *B. forficata* (NETO et al., 2010; NOGUEIRA; SABINO, 2013).

Sementes de *B. forficata* submetidas aos exsudatos da fase II de embebição das sementes de *C. cajan* tiveram menor PG e IVG em relação à testemunha, e também em relação à fase I de embebição (Tabela 3). Isso pode ter ocorrido, pelo exsudato da fase II de *C. cajan* apresentar tanino, aleloquímico ausente na fase I. Os taninos podem inibir a ação de giberelinas (GREEN; COROCAN, 1975), e por consequência, afetam a germinação. Pois, giberelinas induzem a síntese de enzimas hidrolíticas, responsáveis pela degradação e mobilização de reservas da semente durante a germinação (PENG; HERBERD, 2002).

Entra Tabela 3.

Possivelmente o tanino presente no exsudato da fase II de embebição das sementes de *C. cajan*, também afetou o TMG de germinação das sementes de *P. rigida*, que foi prolongado em aproximadamente 4 horas, em relação à testemunha (Tabela 3). De modo semelhante, BONFIM et al. (2014) verificaram que o extrato aquoso de funcho (*Foeniculum vulgare*), que também contém tanino, diminuiu o IVG de alface (*Lactuca sativa*).

Contudo, sementes de *P. rigida* submetidas aos exsudatos da *B. forficata*, em ambas as fases de embebição, não apresentaram diferença estatística quanto à testemunha, para todas as variáveis de germinação (Tabela 3). Apesar deste tratamento apresentar saponina e tanino em sua constituição, substâncias de ação alelopática comprovada (KING; AMBIKA, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2013), deve-se frisar que nem sempre estes podem atuar nocivamente (AQUILA et al., 1997; MARASCHIN-SILVA; AQUILA, 2006), pois em conjunto esses aleloquímicos podem ter ação diferenciada, do que quando analisados isoladamente. E ainda vale ressaltar que, cada espécie receptora tem comportamento particular perante ação dos aleloquímicos. De modo semelhante, MANOEL et al. (2009) com extrato aquoso de folhas de *B. forficata*, não observaram influência na germinação de tomate (*Solanum lycopersicum* L).

Nota-se no comportamento da germinação de *B. forficata* que não há um padrão na frequência de germinação ao longo do tempo, com valores U altos (Figura 1), ou seja, a germinação não foi sincronizada (DORNELES et al., 2005; DOS SANTOS et al., 2015). Essa distribuição temporal da germinação é uma estratégia adquirida, que garante a perpetuação da espécie em ambientes naturais, pois permite a permanência da mesma em locais que periodicamente apresentam condições restritivas ao estabelecimento e ao desenvolvimento vegetal

(BRANCALION; MARCOS FILHO, 2008). E sendo esta espécie pertencente ao grupo sucessional das pioneiras, sua grande maioria tende a ter este comportamento desuniforme na germinação para formar bancos de sementes no solo (SOUZA et al., 2006).

Entra Figura 1.

Nos gráficos de frequência de germinação de *P. rigida*, observa-se que sementes submetidas ao exsudato da fase II de embebição de *C. cajan* tiveram U superior ao da fase I (Figuras 2B e 2C), mostrando que neste tratamento a germinação foi ligeiramente postergada, corroborando com resultados de germinação, que demonstraram atraso do TMG (Tabela 3). Porém, em todos os tratamentos a que *P. rigida* foi submetida, houve picos unimodais na frequência relativa da germinação, estando evidente que a maioria das sementes germinou ao mesmo tempo, apresentando U's baixos e estatisticamente iguais à testemunha (Figura 2).

Entra Figura 2.

Desta forma, as sementes de *P. rigida* tiveram homogeneidade na germinação e alto potencial fisiológico. Esta rapidez e sincronismo da germinação são importantes, porque permitem reduzir o grau de exposição das sementes e das plântulas a fatores adversos (MARCOS FILHO, 2005), principalmente quando as condições favoráveis ao processo germinativo e ao estabelecimento da plântula estão presentes apenas em certos períodos do ano. E sendo esta uma espécie secundária, tem a tendência à germinação uniforme para formação de banco de plântulas no solo (SOUZA et al., 2006).

O comprimento médio da raiz das plântulas de *B. forficata* foi inibido pelo exsudato da fase II de embebição das sementes de *C. cajan* (Figura 3). Este mesmo tratamento também diminuiu os valores de PG e IVG de *B. forficata* (Tabela 3), o

que corroborou para o mau desenvolvimento radicular destas plântulas. A demais, estas raízes apresentavam aspecto de necrose, possivelmente pela interferência dos aleloquímicos presentes no tratamento aplicado, principalmente saponina e tanino, por interferirem na divisão celular, ativação enzimática e permeabilidade das membranas (RODRIGUES et al., 1992; FERREIRA; AQUILA, 2000).

Associado ainda, com prematura lignificação da parede celular, ocasionada principalmente por tanino (SUZUKI et al., 2008). E a saponina pode ter potencializado a ação nociva do tanino, uma vez que, em conjunto com demais aleloquímicos ela apresenta este comportamento (DE OLIVEIRA et al., 2014).

Segundo SUZUKI et al. (2008) a redução no crescimento da raiz é um primeiro efeito aparente de exposição a aleloquímicos, sendo o alvo primário dos metabólicos secundários, por ter um contato íntimo com a solução de embebição em relação à parte aérea, e ser órgão responsável pela absorção de solutos (CHUNG et al., 2001).

Entra Figura3.

Corroborando com os resultados observados neste trabalho, BONFIM et al. (2014) verificaram que o extrato aquoso de funcho, possui tanino como um dos componentes majoritários do extrato, e foi o responsável por diminuir o comprimento de raízes de alface.

Houve estímulo no crescimento da parte aérea das plântulas de *P. rigida* submetido ao exsudato da fase I de embebição das sementes do *C. cajan*, em relação à testemunha e também em relação a fase II (Figura 3), que pode ter ocorrido pela menor quantidade de exsudato deste tratamento em relação a fase II, segundo resultados de condutividade (Tabela 1). Sabe-se que em pequenas concentrações os aleloquímicos induzem a hormese, um fenômeno que promove o

desenvolvimento vegetal, mediada pela expressão da enzima antioxidante sirtuína, uma enzima que inibe a morte celular, melhorando a estrutura e função das mitocôndrias, promovendo crescimento vegetal (MICHÁN; CASTILLO, 2011).

De forma semelhante, outros autores verificaram efeito de hormese promovido por exsudatos de sementes sobre outras plantas. Por exemplo, YOKOTANI-TOMITA et al. (1988), HASEGAMA et al. (1992) e IQBAL; FRY (2012) pesquisando o efeito dos exsudatos de sementes de *Lepidium sativum* e *Arabidopsis thaliana*, verificaram que estes promoveram o alongamento do hipocótilo de plântulas de *Amaranthus caudatus* e *Celosia argentea*.

O comprimento médio da parte aérea das plântulas de *P. rigida* foi estimulado pelos exsudatos de *B. forficata*, em ambas as fases de embebição (Figura 3). Apesar destes tratamentos conterem saponina e tanino, estes não influenciaram negativamente o desenvolvimento inicial do *P. rigida*, pois, exsudatos são misturas complexas de compostos orgânicos e inorgânicos, ricos também em substâncias de reservas, como polissacarídeos, lipídeos e proteínas (NELSON, 2004), que por sua vez, podem beneficiar a germinação e o desenvolvimento das plântulas.

Para melhor compreensão dos resultados explicitados neste trabalho, é de interesse o isolamento e caracterização das substâncias alelopáticas presentes nos exsudatos das sementes de *C. cajan* e *B. forficata*, para avaliar seu efeito em *B. forficata* e *P. rigida* de forma isolada.

É importante salientar, que os resultados deste trabalho, obtidos em laboratório, podem não se repetir em condições naturais, devido à influência simultânea de diversos fatores bióticos e abióticos, que podem mascarar os fenômenos aqui observados. Portanto, sugere-se que sejam feitos experimentos à campo, para validação dos resultados alcançados neste trabalho.

## Conclusão

Os exsudatos das sementes de *C. cajan* na fase I de embebição apresentou aleloquímico do tipo saponina e triterpenóide pentacíclico, e na fase II também tanino pirogálico. Já *B. forficata* apresentou saponina e tanino pirogálico em ambas as fases de embebição.

O exsudato da fase I de embebição de *C. cajan*, beneficiou o desenvolvimento inicial *P. rigida*, que também foi favorecido pelos exsudatos das sementes de *B. forficata*.

Contudo, o exsudato da fase II de embebição das sementes de *C. cajan*, influenciou negativamente a germinação e desenvolvimento inicial de *B. forficata*, e ainda retardou a germinação de *P. rigida*.

**Tabela 1.** Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$  semente) dos exsudatos de sementes das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus cajan* e *Bauhinia forficata*. Cascavel - PR, 2016.

**Table 1.** Hydrogenionic potential (pH) and electrical conductivity ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$  seed) of seed exudates from the phase I and II of the imbibition curve *Cajanus cajan* and *Bauhinia forficata*. Cascavel - PR, 2016.

		pH	$\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ semente
<b>Testemunha</b>		7,32	0
<b>Exsudatos de <i>C. cajan</i></b>	<b>Fase I</b>	6,69 A <sup>-</sup>	83,19 B <sup>+</sup>
	<b>Fase II</b>	6,11 B <sup>-</sup>	111,01 A <sup>+</sup>
<b>Exsudatos de <i>B. forficata</i></b>	<b>Fase I</b>	5,95 A <sup>-</sup>	335,81 B <sup>+</sup>
	<b>Fase II</b>	6,20 A <sup>-</sup>	427,82 A <sup>+</sup>
<b>CV (%)</b>		8,83	64,14

CV: Coeficiente de variação em relação à média;

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre as fases de embebição de cada espécie pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );

<sup>+</sup> Significativo e superior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );

<sup>-</sup> Significativo e inferior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 2.** Resultados da prospecção fitoquímica dos exsudatos de sementes das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus cajan* e *Bauhinia forficata*. Cascavel - PR, 2016.

**Table 2.** Prospecting results of phytochemical exudates seeds of phases I and II of the imbibition curve *Cajanus cajan* and *Bauhinia forficata*. Cascavel - PR, 2016.

<b>Classe de Metabólicos Secundários</b>	<b>Exsudatos de <i>C. cajan</i></b>		<b>Exsudatos de <i>B. forficata</i></b>	
	<b>Fase I</b>	<b>Fase II</b>	<b>Fase I</b>	<b>Fase II</b>
Saponina	+	+	+	+
Triterpenóides Pentacíclicos	+	+	-	-
Esteróides	-	-	-	-
Flavonóides	-	-	-	-
Taninos Pirogálicos	-	+	+	+
Fenóis	-	-	-	-
Alcalóides	-	-	-	-

O sinal (+) indica presença e (-) ausência do constituinte químico.

**Tabela 3.** Porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de *Bauhinia forficata* submetida aos exsudatos de sementes das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus cajan*; e *Parapiptadenia rigida* submetido aos exsudatos das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus cajan* e *Bauhinia forficata*. Cascavel - PR, 2016.

**Table 3.** Percentage of germination (PG), mean germination time (TMG) and speed of germination index (IVG) of *Bauhinia forficata* submitted to exudates seeds of phases I and II of the imbibition curve *Cajanus cajan*; and *Parapiptadenia rigida* submitted to the exudates from the phase I and II of the imbibition curve *Cajanus cajan* and *Bauhinia forficata*. Cascavel - PR, 2016.

<b>B. forficata</b>				
		<b>PG (%)</b>	<b>TMG (dias)</b>	<b>IVG</b>
<b>Testemunha</b>		19,50	5,98	1,82
<b>Exsudatos de C. cajan</b>	<b>Fase I</b>	19 A <sup>ns</sup>	6,02 A <sup>ns</sup>	1,79 A <sup>ns</sup>
	<b>Fase II</b>	9 B <sup>-</sup>	6,55 A <sup>ns</sup>	0,83 B <sup>-</sup>
<b>CV (%)</b>		39,01	14,1	37,07
<b>P. rigida</b>				
		<b>PG (%)</b>	<b>TMG (dias)</b>	<b>IVG</b>
<b>Testemunha</b>		98,50	2,01	25,44
<b>Exsudatos de C. cajan</b>	<b>Fase I</b>	98,5 A <sup>ns</sup>	2,02 A <sup>ns</sup>	24,69 A <sup>ns</sup>
	<b>Fase II</b>	98 A <sup>ns</sup>	2,18 A <sup>+</sup>	23,67 A <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>		1,46	5,34	5,09
<b>P. rigida</b>				
		<b>PG (%)</b>	<b>TMG (dias)</b>	<b>IVG</b>
<b>Testemunha</b>		98,50	2,01	25,44
<b>Exsudatos de B. forficata</b>	<b>Fase I</b>	98,5 A <sup>ns</sup>	2,09 A <sup>ns</sup>	23,38 A <sup>ns</sup>
	<b>Fase II</b>	98 A <sup>ns</sup>	2,04 A <sup>ns</sup>	23,65 A <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>		1,46	3,12	5,53

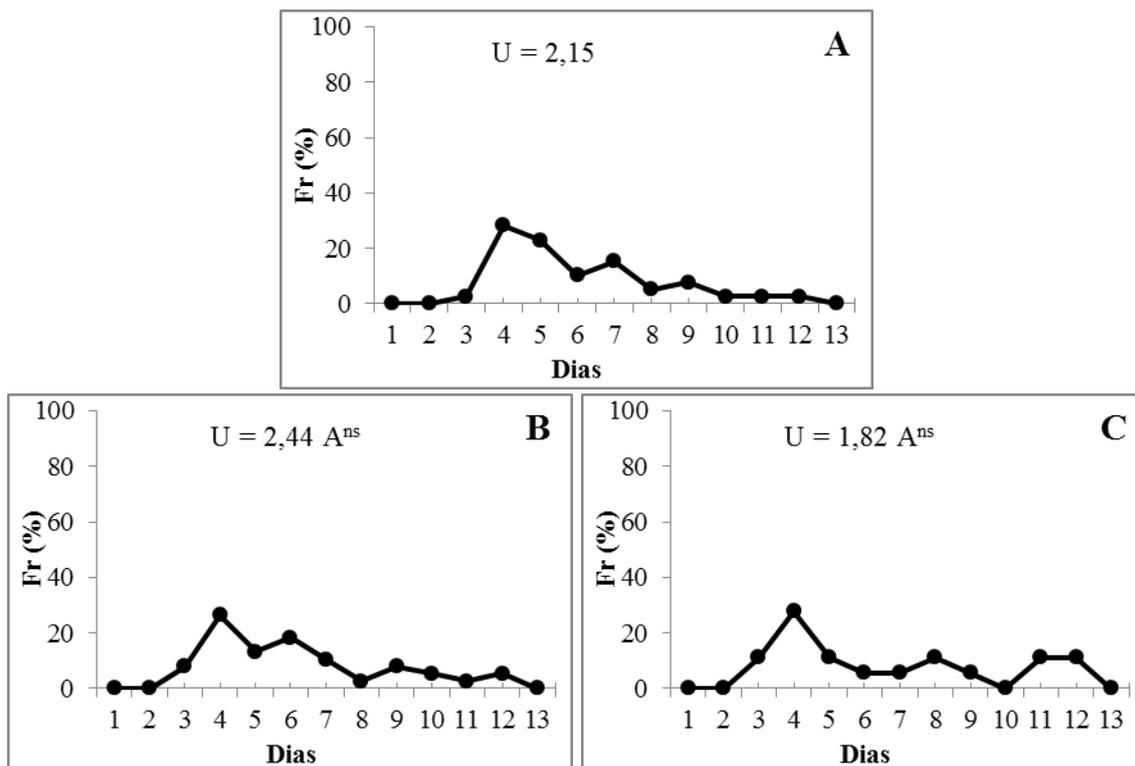
CV: Coeficiente de variação em relação à média;

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre as fases de embebição de cada espécie pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );

<sup>+</sup> Significativo e superior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );

<sup>-</sup> Significativo e inferior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ ).

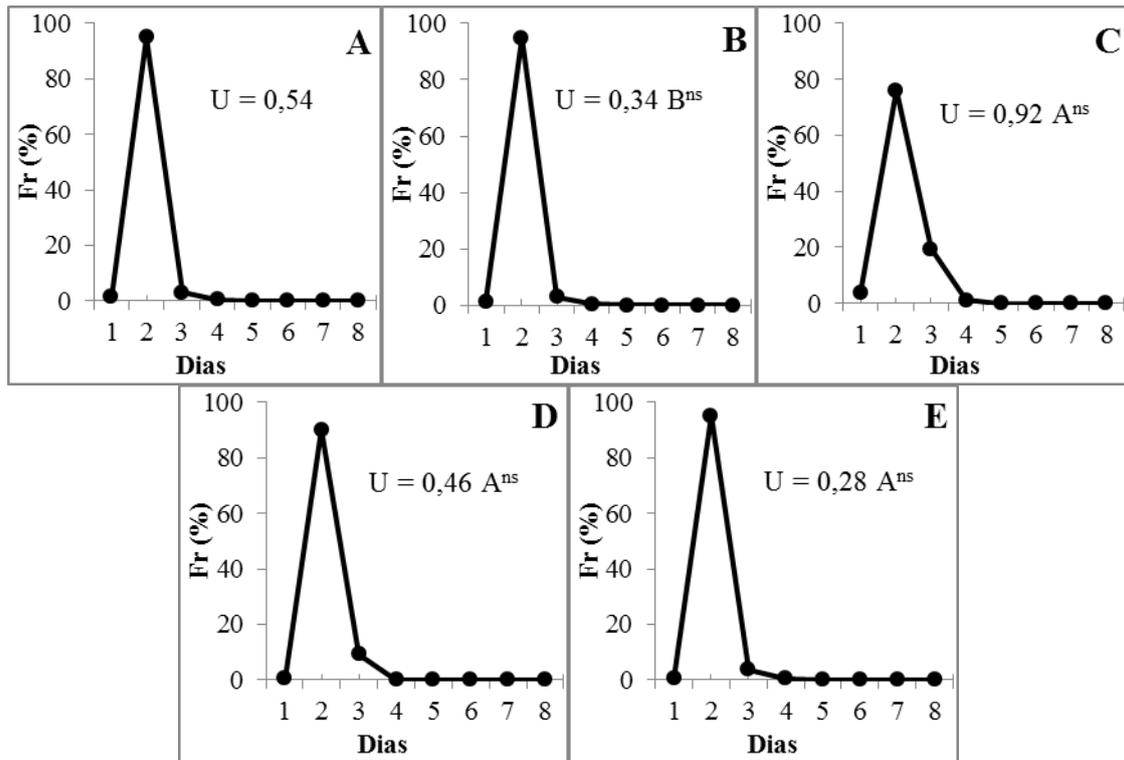


Médias seguidas pela mesma letra entre os gráficos não diferem estatisticamente entre as fases de embebição de cada espécie pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ ).

**Figura 1.** Frequência relativa da germinação (Fr) e índice de sincronização (U) de *Bauhinia forficata* embebida em água destilada (A); submetida aos exsudatos de sementes das fases I (B) e II (C) da curva de embebição de *Cajanus cajan*. Cascavel – PR, 2016.

**Figure 1.** Relative germination frequency (Fr) and synchronization index (U) of *Bauhinia forficata* soaked in distilled water (A); subjected to the stages of seed exudates I (B) and II (C) imbibing *Cajanus cajan* curve. Cascavel – PR, 2016.

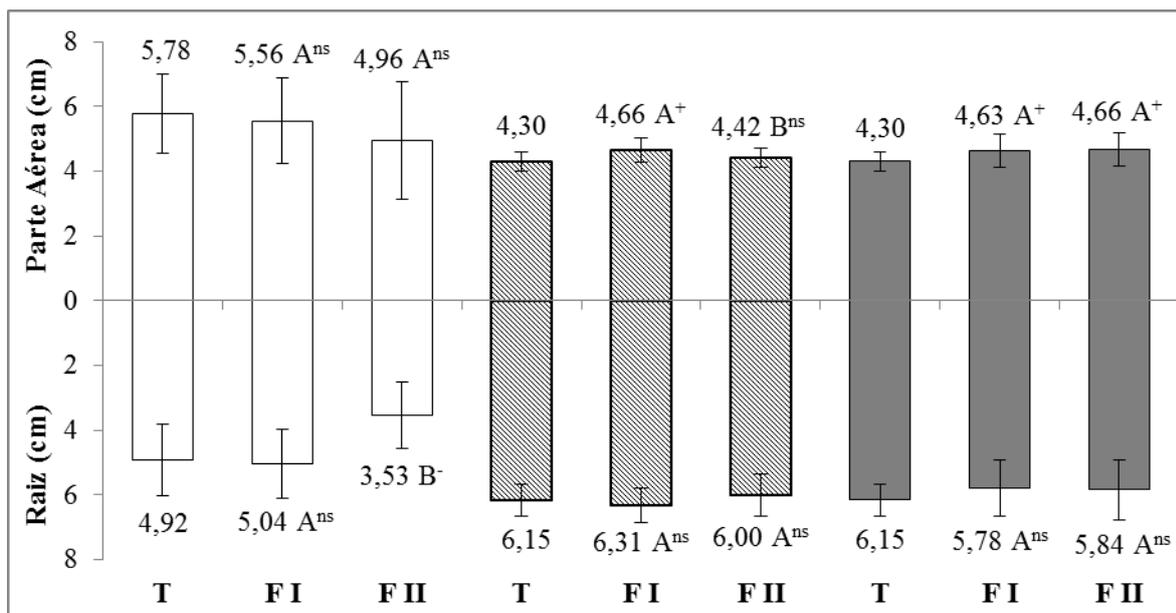


Médias seguidas pela mesma letra entre os gráficos não diferem estatisticamente entre as fases de embebição de cada espécie pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ ).

**Figura 2.** Frequência relativa da germinação (Fr) e índice de sincronização (U) de *Parapiptadenia rigida* embebida em água destilada (A); submetido aos exsudatos das fases I (B) e II (C) da curva de embebição de *Cajanus cajan*; e fases I (D) e II (E) de *Bauhinia forficata*. Cascavel - PR, 2016.

**Figure 2.** Relative germination frequency (Fr) and synchronization index (U) of *Parapiptadenia rigida* soaked in distilled water (A); exudates subjected to the phase I (B) and II (C) imbibing *Cajanus cajan* curve; and I phases (D) and II (E) *Bauhinia forficata*. Cascavel - PR, 2016.



T = Testemunha; F I = Exsudatos da Fase I da curva de embebição; F II = Exsudatos da Fase II da curva de embebição.

Médias seguidas pela mesma letra entre as colunas não diferem estatisticamente entre as fases de embebição de cada espécie (colunas da mesma cor/brochura) pelo Teste T-Student, ( $p < 0,05$ );

<sup>+</sup> Significativo e superior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );

<sup>-</sup> Significativo e inferior à testemunha pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ );

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste de Dunnett, ( $p < 0,05$ ).

**Figura 3.** Comprimento médio de raiz e parte aérea de plântulas de *Bauhinia forficata* submetida aos exsudatos de sementes das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus cajan* (Colunas Sem Preenchimento); e de plântulas de *Parapiptadenia rigida* submetida aos exsudatos das fases I e II da curva de embebição de *Cajanus cajan* (Colunas Rasuradas); e fases I e II de *Bauhinia forficata* (Colunas Cinza). Cascavel - PR, 2016.

**Figure 3.** Average length of root and shoot of *Bauhinia forficata* seedlings submitted to exudates seeds of phases I and II of the imbibition curve *Cajanus cajan* (Columns No Fill); and *Parapiptadenia rigida* seedlings subjected to exudates from the phase I and II of the imbibition curve *Cajanus cajan* (Columns deletions); and phases I and II of *Bauhinia forficata* (gray columns). Cascavel - PR, 2016.

## Referências bibliográficas

ALMEIDA, F. S. Plantio direto: Efeito alelopático das coberturas mortas. **Informe Agropecuário**, v.11, n.129: p.44-61, 1985.

AN, M. Mathematical modelling of dose-response relationship (Hormesis) in allelopathy and its application. **Nonlinearity in biology, toxicology, medicine**, v. 3, n. 2, p. nonlin. 003.02. 001, 2005.

AQUILA, M. E. A.; UNGARETTI, J. A. C.; MICHELIN, A. Preliminary observation on allelopathic activity in *Achrocline satureioides* (LAM.) DC. In: **II WOCMAP Congress Medicinal and Aromatic Plants, Part 3: Agricultural Production, Post Harvest Techniques, Biotechnology 502**. p. 383-388, 1997.

BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP. **Scientia Forestalis, Piracicaba**, v. 36, n. 80, p. 317-327, 2008.

BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração de florestas tropicais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 19-28, 2007.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York, Springer-Verlag, v. 1, 306 p. 1978.

BHERING, S.B.; SANTOS, H.G.; BOGNOLA, I.A.; CÚRCIO, G.R.; MANZATTO, C.V.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C.S.; ÁGLIO, M.L.D.; SOUZA, J.S. Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada. Rio de Janeiro: **EMBRAPA/ IAPAR**, 2008. 74p.

BONFIM, F. P. G.; DE SOUZA, K. F.; GUIMARÃES, S. F.; DAS DORES; R. G. R.; FONSECA, M. C. M.; CASALI, V. W. D. Efeito de extratos aquosos de funcho na germinação e vigor de sementes de alface e salsa. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 7, n. 3, 2014.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para Análise de Sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS**. 2009 a. 395p.

CULTURA MIX. **Reflorestamento Muvuca: Lançando Sementes**. 2013. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/ecologia/flora/reflorestamento-muvuca-lancando-sementes>>. Acesso em: 03 abr. 2016.

CHUNG, I. M.; AHN, J. K., YUN, S. J. Assesment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oriza sativa* L.) cultivars. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, n. 10, p. 921-928, 2001.

GREEN, F. B.; CORCORAN, M. R. Inhibitory action of five tannins on growth induced by several gibberellins. **Plant physiology**, v. 56, n. 6, p. 801-806, 1975.

DE OLIVEIRA, A. K. M.; MATIAS, R.; LOPES, S. S.; FONTOURA, F. M.. Allelopathy and influence of leaves of *Palicourea rigida* (Rubiaceae) on seed germination and seedling formation in lettuce= Alelopatia e a influência de folhas de *Palicourea rigida* (Rubiaceae) na germinação de sementes e na formação de plântulas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 5, 2014.

DOS SANTOS, M. A.; BRAGA, L. F.; NETO, R. M. R.; DA COSTA SORATO, A. M. Aspectos morfológicos e fisiológicos da germinação e morfometriade frutos e sementes de *Swartzia recurva* Poeep. (Fabaceae). **Ciencia & Natura**, v. 37, n. 4, 2015.

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

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000.

HADAS, A. Water uptake and germination of Leguniinous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. **Journal of Experimental Botany**, v. 27, n. 3, p. 480-489, 1976.

HASEGAWA, K.; MIZUTANI, J.; KOSEMURA, S.; YAMAMURA, S. Isolation and identification of lepidimoide, a new allelopathic substance from mucilage of germinated cress seeds. **Plant Physiology**, v. 100, n. 2, p. 1059-1061, 1992.

HIGASHINAKASU, K.; YAMADA, K.; SHIGEMORI, H.; HASEGAWA, K. Effects of seed exudates of several plant species during germination stage. **Weed Biology and Management**, v. 4, n. 3, p. 171-175, 2004.

IQBAL, A.; FRY, S. C. Potent endogenous allelopathic compounds in *Lepidium sativum* seed exudate: effects on epidermal cell growth in *Amaranthus caudatus* seedlings. **Journal of experimental botany**, v. 63, n. 7, p. 2595-2604, 2012.

KING, S. R.; AMBIKA, R. Allelopathic plants. 5. *Chromolaena odorata* (L.).**Allelopathy Journal**, v. 9, n. 1, p. 35-41, 2002.

KUSHIMA, M.; KAKUTA, H.; KOSEMURA, S.; YAMAMURA, S.; YAMADA, K.; YOKOTANI-TOMITA, K.; HASEGAWA, K. An allelopathic substance exuded from germinating watermelon seeds. **Plant Growth Regulation**, v. 25, n. 1, p. 1-4, 1998.

LABOURIAU, L. G.; AGUDO, M. On the physiology of seed-germination in *Salvia hispanica* L. 1. temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 59, n. 1-2, p. 37-56, 1987.

LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática. Brasília, DF: **Embrapa**, 2014. v.1. 507p.

LONGHI, R. A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do sul**. Porto Alegre: L & PM Editores, 1995. 174p.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. vol. 2. **Nova Odessa, Brazil: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. 352p.-col. illus.. ISBN 8586714070 Por Icones. Geog**, v. 4, 1998. 352p.

LORENZI, Harri. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa: Editora Plantarum 352p.-col. illus.. Por Geog**, v. 4, 1992. 352p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MALAVASI, U. C.; GASPARINO, D.; MALAVASI, M. M. Semeadura direta na recomposição vegetal de áreas ciliares: efeitos da sazonalidade, uso do solo, exclusão da predação, e profundidade na sobrevivência inicial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 4, p. 449-454, 2005.

MANOEL, Daniel Donini et al. Atividade alelopática dos extratos fresco e seco de folhas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) e pata-devaca (*Bauhinia forficata* link) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de tomate. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 63-70, 2009.

MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M. E. A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 61-69, 2006.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. p. 495.

MATOS, F. J. A. **Introdução à fitoquímica experimental**. Fortaleza: Editora UFC, p.44-45, 1997.

MICHÁN, S.; CASTILLO, J. E. Genética molecular y biogerontología en la era posgenómica: un enfoque en las sirtuinas. **Acta Biológica Colombiana**, v. 16, n. 3, p. 139-159, 2011.

NELSON, E. B. Microbial dynamics and interactions in the spermosphere. **Annu. Rev. Phytopathol.**, v. 42, p. 271-309, 2004.

NETO, R. M.; XAVIER, L. D. A.; DE ALMEIDA, A. C. V.; PARACAMPO, N. E. N. P. 2010. Abordagem fitoquímica dos extratos de cascas do caule e folhas de pata-de-vaca da flor rosa. **14º Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, 2010.

NOGUEIRA, A. C. O.; SABINO, C. V. S. Revisão do Gênero Bauhinia Abordando Aspectos Científicos das Espécies *Bauhinia forficata* Link e *Bauhinia variegata* L. de Interesse para a Indústria Farmacêutica. **Revista Fitos Eletrônica**, v. 7, n. 02, p. 77-84, 2013.

NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination-still a mystery. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 574-581, 2010.

OHNO, S.; TOMITA-YOKOTANI, K., KOSEMURA, S.; NODE, M.; SUZUKI, T.; AMANO, M.; ... & HASEGAWA, K. A species-selective allelopathic substance from germinating sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. **Phytochemistry**, v. 56, n. 6, p. 577-581, 2001.

OLIVEIRA, R. A. M.. 14443-Plantio consorciado de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e “Muvuca” de Sementes em Sistema Agroflorestal para recuperação de Áreas de Preservação Permanente Degradadas da Amazônia. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.

PAIXÃO, A.; MANCEBO, B.; SÁNCHEZ, L. M.; WALTER, A.; DE FONTES-PEREIRA, A. M. A.; SOCA, M.; ... & NICOLAU, S. Tamizaje fitoquímico de extractos metanólicos de *Tephrosia vogelii* Hook, *Chenopodium ambrosoides*, *Cajanus cajan* y *Solanum nigrum* L. de la provincia de Huambo, Angola. **Revista de Salud Animal**, v. 36, n. 3, p. 164-169, 2014.

PENG, J.; HARBERD, N. P. The role of GA-mediated signalling in the control of seed germination. **Current opinion in plant biology**, v. 5, n. 5, p. 376-381, 2002.

PIETRO-SOUZA, W.; DA SILVA, N. M. Plantio manual de muvuca de sementes no contexto da restauração ecológica de áreas de preservação permanente degradadas. **REVISTA BRASILEIRA DE AGROECOLOGIA**, v. 9, n. 3, p. 63-74, 2015.

PINÃ-RODRIGUES FCM, FIGLIOLIA MB, SILVA A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina, PR. ABRATES, 2015, 477p.

REIGOSA, M. J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A.; GONZÁLEZ, L. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 18, n. 5, p. 577-608, 1999.

RODRIGUES, L. R. A. **Alelopatia em plantas forrageiras**. FUNEP, 18p., 1992.

SARKAR, R.; HAZRA, B.; MANDAL, N. Anti-oxidative protection against iron overload-induced liver damage in mice by *Cajanus cajan* (L.) Millsp. leaf extract. **Indian J Exp Biol**, v. 51, n. 2, p. 165-73, 2013.

SIMÕES, K.; DU, J.; PESSONI, R. A.; CARDOSO-LOPES, E. M.; VIVANCO, J. M.; STERMITZ, F. R.; BRAGA, M. R. Ipomopsin and hymenain, two biscoumarins from seeds of *Hymenaea courbaril*. **Phytochemistry Letters**, v. 2, n. 2, p. 59-62, 2009.

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 56-67, 2006.

SOUZA FILHO, A. P. S.; TREZZI, M. M.; INOUE, M. H. Sementes como fonte alternativa de substâncias químicas com atividade alelopática. **Planta daninha**, v. 29, n. 3, p. 709-716, 2011.

SUMAN, A.; SHAHI, H. N.; SINGH, P.; GAUR, A. Allelopathic influence of *Vigna mungo* (black gram) seeds on germination and radical growth of some crop plants. **Plant Growth Regulation**, v. 38, n. 1, p. 69-74, 2002.

SUZUKI, L. S.; ZONETTI, P. C.; FERRARESE, M. L. L.; FERRARESE-FILHO, O. Effects of ferulic acid on growth and lignification of conventional and glyphosate resistant soybean. **Allelopathy Journal**, Haryana, v. 21, n. 1, p.155-164, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5ª ed, Artmed: Porto Alegre. 2013, 954 p.

TEASDALE, J. R.; Rice, C. P.; Cai, G.; Mangum, R. W. I. Expression of allelopathy in the soil environment: soil concentration and activity of benzoxazinoid compounds released by rye cover crop residue. **Plant Ecology**, v. 213, n. 12, p. 1893-1905, 2012.

YOKOTANI-TOMITA, K.; GOTO, N.; KOSEMURA, S.; YAMAMURA, S.; HASEGAWA, K. Growth-promoting allelopathic substance exuded from germinating *Arabidopsis thaliana* seeds. **Phytochemistry**, v. 47, n. 1, p. 1-2, 1998.

## ANEXO 1

### **Diretrizes para Autores**

A revista **Scientia Forestalis** publica artigos científicos originais e inéditos relacionados com aspectos biológicos, ecológicos, econômicos e sociais do manejo, produção e uso de florestas e seus recursos naturais.

Os manuscritos submetidos devem apresentar mérito científico, ou seja, contribuir para o avanço do conhecimento científico, e não podem ter sido publicados ou encaminhados simultaneamente para outros periódicos.

O conteúdo e as opiniões apresentadas nos trabalhos publicados não são de responsabilidade desta revista e não representam necessariamente as opiniões do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), sendo o conteúdo de responsabilidade do autor.

Serão aceitos manuscritos em Português, Inglês e Espanhol. Textos em Inglês e espanhol passarão por avaliação do revisor de idioma, e estará sujeito à recusa ou devolução para readequação gramatical. Caso seja de interesse do autor, a revista poderá indicar revisores de idioma.

### **TAXA DE PUBLICAÇÃO**

A comissão editorial da revista *Scientia Forestalis* informa que, seguindo as tendências atuais dos periódicos científicos nacionais e internacionais, a partir de 01/01/2015 passaremos a cobrar uma taxa de publicação de artigos no valor de R\$ 400,00.

A cobrança será aplicada após o comunicado de aceitação do artigo. Tal medida já se aplica às submissões que se encontram em análise. Não haverá nenhuma cobrança durante o processo de submissão do manuscrito e avaliação pelos pares.

As submissões devem ser realizadas através do Sistema Eletrônico de Revista IPEF, disponível no endereço <http://editora.ipef.br/ojs> .

Forma de apresentação.

1. Serão aceitos textos apenas em formatos compatíveis ao Microsoft Word
2. O texto deve conter no máximo 25 páginas numeradas, escritas em espaço duplo lauda em papel tamanho carta, utilizando a fonte Arial tamanho 12 pontos;

3. Abreviações devem ser usadas em apenas uma forma. Uma vez que uma abreviação é usada no texto, ela deve seguir o mesmo padrão para todo o manuscrito e também nas figuras e tabelas;
4. As figuras e tabelas devem ser apresentadas no final do texto, com as legendas em português e inglês e a sua localização aproximada deve ser indicada no texto com uma chamada entre dois parágrafos. Exemplo: Entra a Figura 2; Entra a Tabela 4;
5. As fotos devem ser enviadas em formato JPEG com, no mínimo 300 dpi de resolução e no máximo 20 cm de largura;
6. Os gráficos devem ser enviados no Microsoft Excel ou no formato de fotos, conforme comentado no item anterior;
7. As tabelas devem estar digitadas e não serão aceitas em formato de imagem
8. A primeira página deve conter: título em português e inglês
9. As referências bibliográficas e citações devem estar de acordo com as normas da ABNT NBR6023:2002 e NBR 10520:2002
10. Não são aceitas notas de rodapé

Sequência de apresentação:

1. Título em português e inglês;
2. Resumo em português e inglês: o resumo deve conter os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões;
3. Palavras-chave em português e inglês;
4. Introdução, incluindo a revisão de literatura;
5. Material e métodos;
6. Resultados e discussão;
7. Conclusão
8. Referências bibliográficas