

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CAMPUS DE BOTUCATU**

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**EFEITO ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE  
*Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith SOBRE A  
GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS**

Rozeli Aparecida Zanon Felix

**Tese apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia, Campus de Botucatu,  
UNESP, para obtenção de título de  
Doutora em Ciências Biológicas,  
(Botânica), AC: Fisiologia Vegetal.**

BOTUCATU – SP

2012

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CÂMPUS DE BOTUCATU**

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**EFEITO ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE  
*Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith SOBRE A  
GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS**

Rozeli Aparecida Zanon Felix

Prof<sup>ª</sup> Dra. Elizabeth Orika Ono

**ORIENTADORA**

Prof. Dr. João Domingos Rodrigues

**Co-Orientador**

**Tese apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia, Campus de Botucatu,  
UNESP, para obtenção de título de  
Doutora em Ciências Biológicas,  
(Botânica), AC: Fisiologia Vegetal.**

**BOTUCATU – SP**

**2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUIS. E TRAT. DA INFORMAÇÃO  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: **ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE**

**Felix, Rozeli Aparecida Zanon**

**EFEITO ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith SOBRE A GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS/ Rozeli Aparecida Zanon Felix – Botucatu: 90p, 2012.**

**Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu/SP, 2012.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Elizabeth Orika Ono**

**Co-Orientador: Prof. Dr. João Domingos Rodrigues**

**Capes: 20303009**

**1. Fisiologia vegetal**

**2. Alelopatia**

**3. Cumarina**

**Palavras-chave:** alelopatia, cumarina, mobilização de reservas, compostos fenólicos.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho,

Ao meu esposo **Luiz Sérgio**, pelo incentivo, companheirismo, apoio e amor ao longo dessa trajetória;

Aos meus amados filhos **Larissa Cristina** e **Matheus Henrique**, pela felicidade de tê-los comigo;

Aos meus queridos irmãos **Orlando** (*in memória*), **Roberval** e **Robyson**, que tanto amo;

Aos meus pais **Alberto** e **Deolinda**, que me concederam o direito à vida, que sempre me apoiaram, pelo amor, pela base sólida que me proporcionaram e pela dedicação aos meus filhos durante a minha ausência, tão necessária para que tivesse tranquilidade para realizar este trabalho;

Aos meus avós **Florindo** (*in memória*), **Rosa** (*in memória*), **Antônio** (*in memória*) e **Albina**, meus exemplos de vida;

Enfim ...

**... dedico esse trabalho à minha família, que é meu porto seguro!**

## AGRADECIMENTOS

Chegou o momento de expressar sinceros agradecimentos aos meus adorados familiares e amigos, aqueles que já existiam antes de iniciar essa trajetória e aqueles que surgiram ao longo desse tempo.

Sei que corro o risco de não dar conta desse *'muitíssimo obrigado'* como é merecido, porque será difícil exprimir o quanto foi maravilhoso a energia e impulsos que vocês passaram ao longo desses anos.

Além de uma mera formalidade de agradecimentos pretendo destacar aqui o verdadeiro sentido dessa gratidão as pessoas que estavam ao meu lado de forma solidária, transmitindo afeto e carinho.

Não foi fácil minha caminhada, mas uma travessia que parecia sem fim, principalmente pelas intercorrências pessoais de toda ordem, longe de obscurecerem o trajeto, aumentaram-lhe o brilho, e, ao invés de me deterem, impulsionaram-me com mais força.

O desafio foi enorme, mas as motivações foram grandiosas, somadas às espontâneas generosidades que fizeram possível a transformação de instantâneos momentos de angústia e sofrimento em uma estrada larga, margeada de encantos e emoções. Uma estrada repleta de sonhos, coragem e objetivos, estrada esta, cujo nome era esperança e cuja base era a busca de saberes, onde as dificuldades passaram a ser entendidas como oportunidades que moviam-me sempre para frente, oportunidades estas fortificadas pelo amor de meus familiares e amigos e, principalmente pela fé em Deus.

Hoje desfrutando do prazer de ter vencido, quero expressar meus agradecimentos e compartilhar minha alegria com as pessoas que realmente colaboraram para essa vitória, pessoas essas que foram muitas, que de alguma maneira ou em algum momento contribuíram para a travessia dessa estrada, seja no fornecimento de insumos para a pesquisa, ouvindo-me ou apoiando-me nos momentos de incertezas e, principalmente, suprimo-me com o carinho e atenção. **A todos o meu eterno obrigado.**

Em particular, especiais agradecimentos:

À **Deus**, pela oportunidade dessa encarnação, por continuar capacitando-me para que pudesse desenvolver esse trabalho, por todas as portas abertas e por tornar tudo possível, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

À Professora Doutora **Elizabeth Orika Ono, minha orientadora**, que não mediu esforços em ajudar-me, pela paciência, pelo apoio que sempre me deu, pela grande compreensão e consideração que teve comigo, para que eu pudesse realizar esse trabalho e, principalmente, pela amizade que construímos ao longo desses anos;

Ao Professor Doutor **João Domingos Rodrigues, meu co-orientador**, pelos ensinamentos e pela amizade;

À Professora Doutora **Giuseppina Pace Pereira Lima**, pelo apoio dado durante as análises bioquímicas realizadas durante este trabalho;

Aos amigos e amigas de auxílio à pesquisa, **Tatiana, Cristiane** e em especial, **Adriana, Manoel e Mariana**, pela parceria na “construção do conhecimento” e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho;

A **Josilene**, companheira e amiga de longas jornadas.

A **todos os colegas** do Departamento de Botânica, com os quais tive o prazer de conviver durante estes anos;

A todos os **docentes** do Departamento de Botânica, por repassarem, com tanta clareza o conhecimento que possuem, os quais foram de grande valia para minha formação e para o desenvolvimento deste trabalho;

A todos os **Funcionários do Departamento de Botânica e Bioquímica**, pelo apoio e amizade;

Aos **funcionários da Seção de Pós-Graduação**, pela atenção e eficiência no atendimento;

Ao Diretor da E.M.E.F. “Jardim Brasil”, **José Francisco**, pelo incentivo, compreensão e apoio, durante todo curso e realização deste trabalho;

A Diretora do Colégio Lúmen Objetivo, **Neife**, pela nossa alegre e tranqüila convivência, pela energia positiva e pelo carinho.

À **Doroceli**, Mantenedora do Colégio Lúmen Objetivo e da FAFIP, pela oportunidade de iniciar minha carreira de docente no Colégio e na Faculdade, pelo incentivo e amizade, minha eterna gratidão;

Aos **meus queridos alunos**, em especial do Curso de Pedagogia, com os quais tive a oportunidade de conviver durante essa trajetória;

A minha prima **Lílian**, pelo ajuda durante a escrituração deste trabalho.

As minhas cunhadas, em especial, **Fabiana e Pâmela**, de quem tanto gosto.

As minhas **sobrinhas e sobrinhos**, o meu carinho.

A minha sogra **Iraci** e meu sogro **Benício**, pelo apoio.

A todos **meus familiares** pela existência e carinho.

Aos meus queridos irmãos **Roberval e Robyson**, minha eterna gratidão pelo apoio e afeto.

Aos meus pais, **Alberto e Deolinda**, por tudo que fizeram e fazem por mim e por meus filhos;

Aos meus queridos filhos, **Larissa Cristina** e **Matheus Henrique**, que trazem tanta luz para minha vida, criaturinhas especiais, por existirem e completarem minha vida;

Ao meu esposo **Luiz Sérgio**, companheiro indispensável, que deixou seus sonhos para que eu sonhasse, que acreditou em mim, incentivando-me e apoiando-me ao longo dessa trajetória, minha eterna gratidão.

Há muito mais a quem agradecer... A todos aqueles que, embora não nomeados, me brindaram com apoio em distintos momentos e por suas presenças afetivas, o meu reconhecido e carinhoso muito obrigado!

***Todos vocês são co-autores deste trabalho!!!!!!!!!!!!!!***

*“O correr da vida embrulha tudo. A vida é assim, esquenta e esfria, aperta e depois afrouxa, aquieta e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem. O que Deus quer é ver a gente aprendendo a ser capaz de ficar alegre e amar, no meio da alegria. E ainda mais no meio da tristeza. Todo o caminho da gente é resvaloso, mas cair não prejudica demais, a gente levanta, a gente sobe, a gente volta”.*

*(João Guimarães Rosa em “Grande Sertão Veredas”, 1956).*



## SUMÁRIO

RESUMO .....	01
ABSTRACT .....	02
1. INTRODUÇÃO .....	03
2. OBJETIVOS.....	04
2.1. Objetivo geral .....	04
2.2. Objetivos específicos .....	04
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	04
3.1. Alelopatia .....	04
3.1.1. Histórico e conceito .....	05
3.1.2. Alelopatia e seus efeitos .....	08
3.1.3. - Natureza e função das substâncias alelopáticas .....	11
3.1.4. Vias de liberação e fatores que afetam a produção de aleloquímicos .....	12
3.1.5. Mecanismos de ação e funções dos compostos alelopáticos .....	15
3.2. Germinação de Sementes .....	16
3.3. Componentes e mobilização de reservas em sementes .....	19
3.3.1. Carboidratos .....	21
3.3.2. Lipídios .....	23
3.3.3. Proteínas .....	26
3.4. Utilização de extratos aquosos na alelopatia .....	29
3.5. Cumarina .....	30
3.6. Caracterização Botânica da <i>Amburana cearensis</i> (Fr. All.) A.C. Smith ...	30
3.7. Caracterização Botânica da <i>Lactuca sativa</i> L. (Alface) .....	32
3.8. Caracterização Botânica de <i>Bidens pilosa</i> L. (Picão-preto) .....	32
3.9. Caracterização Botânica de <i>Cenchrus echinatus</i> L. (Carrapicho) .....	34
3.10. Bioensaios na alelopatia .....	34

<b>4. CAPÍTULO 1 - Influência alelopática dos extratos de sementes de <i>Amburana cearensis</i> (Fr. All.) A.C. Smith na germinação de sementes de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.), picão-preto (<i>Bidens pilosa</i> L.) e carrapicho (<i>Cenchrus echinatus</i> L.) em condições de laboratório e casa de vegetação. ....</b>	<b>35</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>36</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
<b>4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>4.4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>46</b>
<b>5. CAPÍTULO 2 - Influência de extratos de <i>Amburana cearensis</i> (Fr. All.) A.C. Smith sobre o teor de amido, lipídios e proteínas de reserva durante a germinação de sementes de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.) em condições de laboratório. ....</b>	<b>51</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>52</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>5.2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>55</b>
<b>5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>5.4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
<b>6. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>70</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>70</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS .....</b>	<b>71</b>

FELIX, R.A.Z. EFEITO ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith SOBRE A GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS. 2012. 90p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP.

**RESUMO** - O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência alelopática dos extratos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) em condições de laboratório e sobre a emergência de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) em condições de casa de vegetação. Em condições de laboratório objetivou-se avaliar a influência desses extratos no teor de proteínas, amido e lipídios de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), durante o processo da germinação. Os bioensaios foram realizados em câmara de germinação do Laboratório de Germinação e em casa de vegetação do Departamento de Botânica e no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências de Botucatu, UNESP, Botucatu (SP). Para verificar o efeito do extrato de sementes de *A. cearensis* na germinação das sementes testes foram utilizados 6 tratamentos: T1: Testemunha (H<sub>2</sub>O destilada); T2: Cumarina 100 mg L<sup>-1</sup>; T3: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido); T4: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido); T5: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado) e T6: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado), com 4 repetições de 30 sementes para cada bioensaio em câmara de germinação e 10 sementes para cada repetição por tratamento no bioensaio em casa de vegetação. Os efeitos dos extratos foram avaliados através da porcentagem de germinação de sementes e emergência de plântulas. Foram avaliados também, os teores de açúcares solúveis totais, flavonóides totais e fenóis totais nos extratos e os teores de proteínas, amido e lipídios em sementes de alface tratadas com os extratos de *A. cearensis* nos períodos de 0, 6, 12, 24, 48 e 56 horas após a semeadura. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Pelos resultados obtidos observou-se 100% de inibição na germinação das sementes e emergência de plântulas, tanto em condições de laboratório como de casa de vegetação. Avaliando-se os teores de amido, lipídios e proteínas nos diferentes períodos de germinação de alface foi possível observar que os extratos não interferiram na mobilização de reservas durante o processo de germinação.

**Palavras-chaves:** alelopatia, cumarina, mobilização de reservas, compostos fenólicos.

**FELIX, R.A.Z. Allelopathic effect of extracts *Amburana cearensis* (For. All.) AC Smith on germination and seedling emergence. 2012. 90p. Thesis (Ph.D.) - Institute of Bioscience, UNESP – São Paulo State University, Botucatu/SP.**

**ABSTRACT** - The objective of this study was to evaluate the allelopathic influence of boiled and crushed extracts of seeds of *Amburana cearensis* on the germination of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.), beggar-ticks (*Bidens pilosa* L.) and burr (*Cenchrus echinatus* L.) under laboratory conditions and the plantule emergence of beggar-ticks (*Bidens pilosa* L.) and burr (*Cenchrus echinatus* L.) under greenhouse conditions. Under laboratory conditions, it was aimed to evaluate the influence of these extracts in protein, starch and lipids of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.) during the germination process. The bioassays were conducted in a germination chamber of the Germination Laboratory and in the Greenhouse of the Department of Botany and in the Laboratory of Biochemistry of the Department of Chemistry and Biochemistry of the Institute of Biosciences of Botucatu, UNESP, Botucatu (SP). To verify the effect of the seed extract of *A. cearensis* in the germination of the tested seeds, it was used six treatments, T1: Evidence (distilled H<sub>2</sub>O); T2: Coumarin 100 mg L<sup>-1</sup>; T3: 20g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> distilled H<sub>2</sub>O (boiled extract); T4: 40g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> distilled H<sub>2</sub>O (boiled extract); T5: 20g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> of distilled H<sub>2</sub>O (ground extract) and T6: 40g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> of distilled H<sub>2</sub>O (ground extract), with 4 repetitions of 30 seeds to each bioassay in a germination chamber and 10 seeds per each repetition per treatment in bioassay in the greenhouse. The effects of the extracts were evaluated by the percentage of seed germination and plantule emergence. We also evaluated the levels of total soluble sugars, total flavonoids and total phenols in the extracts and the protein levels, starch and lipids in lettuce seeds treated with extracts of *A. cearensis* during periods of 0, 6, 12, 24, 48 and 56 hours after sowing. The results were subjected to analysis of variance (F test) and the averages were compared by Tukey test at 5% probability. Considering the results we observed 100% inhibition in the seed germination and plantule emergence both in laboratory conditions and in greenhouse. Evaluating the levels of starch, lipids and proteins in different periods of germination of the lettuce it was possible to observe that the extracts did not interfere in the mobilization of reserves during the germination process and that the starch component is the most widely used during the growth of the embryo.

**Keywords:** allelopathy, coumarin, mobilization of reserves, phenolic compounds.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde muito se sabe que algumas espécies de plantas podem prejudicar o desenvolvimento de outras que crescem na sua proximidade. A explicação de que se tratava de mais um dos fenômenos inexplicáveis que ocorrem na natureza foi admitida durante muito tempo.

Foi somente nas primeiras décadas deste século, mais propriamente na década de 1930, que o termo alelopatia foi cunhado para explicar as interações químicas que ocorrem em comunidades de plantas, tais como culturas agrícolas, ervas daninhas ou gramíneas e leguminosas em pastagens.

A alelopatia tem sido descrita como qualquer efeito direto ou indireto, danoso ou benéfico que uma planta (incluindo micro-organismos) exerce sobre outra, pela produção de compostos químicos ou aleloquímicos, liberados no ambiente (Rice, 1992).

Os aleloquímicos interferem na conservação, dormência e germinação de sementes, crescimento de plântulas e no vigor vegetativo de plantas adultas. Este último efeito pode influenciar em maior ou menor grau a competição entre espécies e interferir na regeneração natural ou crescimento de espécies introduzidas numa dada área, influenciando na constituição dos ecossistemas naturais. Assim, a sucessão vegetativa de uma determinada área pode estar condicionada às plantas pré-existentes e aos aleloquímicos liberados ao meio.

Segundo Szczepanski (1977), alelopatia é a interferência provocada pela introdução de substâncias químicas, elaboradas por determinadas plantas de uma comunidade vegetal e que afetam outros indivíduos desta comunidade.

Newman (1988) afirma que na alelopatia, ervas daninhas podem influenciar culturas e que muitas vezes, no entanto, os efeitos alelopáticos causados pela presença de ervas daninhas em culturas são atribuídos somente à competição, ou então, simplesmente, denominados interferência. O que difere a alelopatia da competição entre plantas é o fato da competição reduzir ou remover do ambiente um fator de crescimento necessário para ambas as plantas, como água, luz, nutrientes e outros, enquanto a alelopatia ocorre pela adição de um fator químico ao meio. Nos ecossistemas agrícolas, a ocorrência da alelopatia é muito importante na determinação da interferência entre culturas e comunidade infestante.

*Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith também conhecida como cumaru, amburana de cheiro e cumaru-do-Ceará, apresenta porte regular, podendo atingir até 10m

de altura nas regiões de caatinga (Corrêa, 1978 e Lorenzi, 1992) e até 20m na zona da mata (Lorenzi, 1992). Qualquer parte da planta quando cortada e exposta ao ar, durante algum tempo, exala forte cheiro de cumarina, de onde um dos seus nomes vulgares cumaru-da-caatinga (Lima, 1989).

A cumarina é um composto fenólico inibidor natural da germinação, amplamente conhecido, com amplo espectro de ocorrência. Além de seus efeitos como inibidora da germinação (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975), afeta também outros processos fisiológicos (Knypl, 1960, 1971; Thiman, 1969).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar a influência alelopática de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith sobre a germinação de sementes de picão-preto (*Bidens pilosa* L.), carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) e a influência desses extratos no teor de amido, lipídios e proteínas em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), durante o processo de germinação em laboratório e casa de vegetação.

### **2.2. Objetivos específicos**

- a) Verificar os efeitos alelopáticos do extrato de sementes de *Amburana cearensis* em sementes-testes, avaliando-se a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes;
- b) Analisar os teores de açúcares totais, flavonóides e fenóis totais nos extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith; e
- c) Analisar os teores de amido, proteínas e lipídios em sementes de alface, tratadas com extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1. Alelopatia**

#### **3.1.1. Histórico e conceito**

Os primeiros relatos sobre a capacidade que certas espécies de plantas possuem de interferir na fisiologia de plantas de outras espécies foram feitos por Theophrastus (300 A.C.). Seguiram-se os trabalhos de Plínio (1 D.C.), Culper (1633), Browne (1658), Young

(1804), De Candolle (1832), Beobachter (1845), Stickney & Hoy (1881), citados por Rice (1984).

Rice (1974) enfatizou a necessidade de pesquisas concernentes às interações entre culturas e plantas daninhas, embora alguns exemplos interessantes de alelopatia possam ser fornecidos pela literatura.

A alelopatia é definida como qualquer efeito direto ou indireto, benéfico ou prejudicial, de uma planta ou de micro-organismos sobre outra planta, mediante produção de compostos químicos que são liberados no ambiente (Rice, 1984).

Ao longo dos anos, tem-se comprovado que as plantas produzem substâncias químicas com propriedades alelopáticas que afetam ou não algumas espécies de plantas (especificidade). Tais substâncias encontram-se distribuídas em concentrações variadas nos diferentes tecidos da planta e durante o seu ciclo de vida (periodicidade). Quando essas substâncias são liberadas em quantidades suficientes causam efeitos alelopáticos que podem ser observados na germinação, no crescimento e/ou no desenvolvimento de plantas já estabelecidas e, ainda, no desenvolvimento de micro-organismos (Carvalho, 1993).

A Sociedade Internacional de Alelopatia foi criada em 1996 definiu o termo como a “ciência que estuda qualquer processo envolvendo, essencialmente, metabólitos secundários produzidos por plantas, algas, bactérias e fungos que influenciam o crescimento e desenvolvimento de sistemas agrícolas e biológicos, incluindo efeitos positivos e negativos” (Macias et al., 2000 b).

Os efeitos alelopáticos dependem dos aleloquímicos liberados no ambiente pelas plantas doadoras. Dessa forma, a alelopatia distingue-se da competição, pois essa envolve a redução ou a retirada de algum fator do ambiente, necessário a outra planta no mesmo ecossistema, tal como água, luz e nutrientes (Rice, 1984). Como é um fenômeno que ocorre largamente em comunidades vegetais, a alelopatia é um dos mecanismos por meio dos quais determinadas plantas interferem no desenvolvimento de outras, alterando-lhes o padrão e a densidade (Smith, 1989).

A alelopatia é um importante processo ecológico regulando as populações vegetais em ecossistemas agrícolas (Lovett, 1990; Purvis, 1990). Entretanto, muitos dos resultados de estudos de bioensaios utilizados para demonstrar a alelopatia são difíceis para serem aplicados em situações de campo, em parte devido aos métodos utilizados não refletirem a realidade ecológica (Stowe, 1979; Wardle, 1987).

Uma das técnicas mais utilizadas para estudar a alelopatia envolve o preparo de extratos aquosos foliares e do sistema radicular, observando a influência desses extratos

sobre a germinação e o crescimento da radícula (Luu et al., 1982; Putnam, 1985; Inderjit & Dakshini, 1990). Os dados obtidos em estudos de laboratório podem indicar, apenas uma resposta de potencial alelopático (Smith & Martin, 1994), mas respostas específicas, de determinadas plantas e estruturas químicas, são facilmente identificadas em laboratório.

Embora sejam atribuídas que as respostas de sementes e plântulas aos extratos vegetais sejam devido a alelopatia, existe a possibilidade que os extratos possam exercer efeito osmótico negativo sobre as espécies testes (Bell, 1974) e alguns estudos tem avaliado qualitativamente a importância relativa da influência osmótica e potencial alelopático dos extratos vegetais sobre a germinação de sementes (Stowe, 1979).

A importância da alelopatia no ecossistema natural, ainda é controversa, muitos cientistas duvidam que a alelopatia seja fator significativo na interação planta/planta, pois as evidências desse fenômeno têm sido difíceis de serem obtidas. É fácil mostrar que extratos ou compostos purificados de uma planta possam inibir o crescimento de outra planta em experimentos de laboratório, mas tem sido muito difícil demonstrar que esses compostos estão presentes no solo em concentrações suficientes para inibir o crescimento (Taiz & Zeiger, 2009). Além disso, substâncias orgânicas no solo estão ligadas às partículas do solo e podem ser rapidamente degradadas pelos micro-organismos (Dao, 1987).

A alelopatia tem recebido muita atenção nas duas últimas décadas como forma de explicar o padrão vegetativo nas comunidades vegetais (Muller, 1966; Whittaker, 1970; Rice, 1979) e como um importante aspecto das interações plantas daninhas/culturas (Borner, 1960; Tukey, 1969; Bell & Koeppe, 1972; Rice, 1979).

A técnica do plantio direto pode inibir ou estimular o crescimento da cultura seguinte (Rice, 1984) e o grau de inibição do crescimento de uma planta sobre a outra é promovido por fitotoxinas liberadas pela cultura durante o seu crescimento ou pela decomposição da cultura ou resíduos de plantas daninhas deixadas no campo (Putnam & Tang, 1986; Hedge & Miller, 1990). Assim, o estudo da alelopatia torna-se importante para a agricultura, para prevenir perdas na produção da cultura.

Segundo Einhelig & Leather (1988), os problemas com plantas daninhas têm sido tratados somente sob o ponto de vista da competição e, em nenhuma abordagem, têm sido investigadas as perdas econômicas em campos infestados de acordo com as interferências alelopáticas e a competição.

Por exemplo, observa-se pobre emergência de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) quando plantadas imediatamente após *Apium graveolens* L. (Shilling et al., 1992).



Tecidos de raízes de *Asparagus officinalis* L. inibiram a emergência de alface e atrasou a emergência de tomate (Shafer & Garrison, 1986) e raízes de alfafa inibem a germinação de sementes de pepino e foram tóxicos às sementes pré-germinadas (Ells & McSay, 1991).

Um grande número de culturas e espécies daninhas parece promover ou inibir o crescimento de outras espécies e os compostos químicos com potencial alelopático estão presentes em muitas plantas e em diversos órgãos, como folhas, flores, frutos e gemas (Guenzi et al., 1967; Rice, 1984; Putnam & Tang, 1986; May & Ash, 1990). Em certas situações, esses compostos podem ser liberados no meio ambiente em quantidades suficientes e com muita persistência para afetar a planta vizinha ou àquela sucessiva. Em condições de campo, a liberação desses aleloquímicos, ocorre por exsudação de raízes vivas e pela decomposição dos resíduos vegetais (Bhowmik & Doll, 1982; Putnam & Tang, 1986; Inderjit & Dakshini, 1992).

Pesquisas na área da alelopatia iniciaram-se, principalmente, em 1940 (Bonner & Galston, 1944; Bonner, 1946; Evenari, 1949), continuando-se, eventualmente, até 1960 com pesquisas realizadas por Muller (1966). Muitas dessas pesquisas foram realizadas em condições controladas ou semicontroladas, em laboratório ou casa de vegetação (Friedman, 1995), sendo a germinação de sementes o teste mais utilizado para avaliar o efeito alelopático de extratos da planta toda ou partes da planta.

Segundo Grankhov & Didyk (1996), alelopatia é a interação fisiológica e bioquímica entre indivíduos, os quais se constata no espaço (interação alelopática) ou no tempo (ação pós-alelopática).

A maioria dessas substâncias provém do metabolismo secundário, sendo atribuída a estas a função de defesa e/ou proteção, pois durante o processo de evolução destas plantas estas substâncias representaram alguma vantagem contra a ação de micro-organismos, vírus, insetos e outros patógenos ou predadores, seja inibindo a ação destes ou estimulando o crescimento e desenvolvimento das plantas (Waller, 1999).

O estudo da alelopatia, muitas vezes, é bastante importante quando se pensa em rotação de cultura numa área agrícola (Miller, 1983; Burin & Vilhordo, 1986). Quando é utilizada a adição de matéria orgânica em decomposição ao solo, o problema pode se tornar especialmente delicado (Bhowmik & Doll, 1982; Anaya et al., 1987). Os efeitos alelopáticos podem ser observados tanto sobre a germinação quanto sobre o crescimento da plântula. O efeito é mais drástico sobre o crescimento do que sobre a germinação (Dalrymple & Rogers, 1983).

Smith & Martin (1994) relatam que o papel da interferência vegetal é complexo, sendo muito difícil diferenciar a influência bioquímica, da não bioquímica. Geralmente, os resultados de muitas pesquisas demonstram potencial alelopático através do uso de extratos vegetais em bioensaios. Nesses bioensaios devem-se testar várias concentrações que poderão ser similares à concentração potencial no ecossistema natural.

Segundo Taiz & Zeiger (2009), as plantas produzem uma diversidade de produtos orgânicos, que parecem não interferir diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas; esses compostos são conhecidos como metabólitos secundários, porém, uma das diferenças com relação ao metabolismo primário é a distribuição restrita nas plantas. São chamados pelos fisiologistas de “substâncias aleloquímicas” ou “metabólitos secundários” e pelos químicos “orgânicos naturais” (Lima, 1989).

Os metabólitos secundários são, atualmente, considerados de grande necessidade à vida das plantas, sendo sua produção controlada através da pressão ambiental na forma de estresse fisiológico na defesa contra insetos e patógenos, deficiência de nutrientes, reguladores vegetais dentre outros não claramente definidos (Vickery & Vickery, 1981; Bennett & Wallsgrove, 1994; Vielra, 2000).

A alelopátia é um importante mecanismo ecológico que influencia a dominância e sucessão das plantas, cujas interações são responsáveis pelo estabelecimento e sobrevivência de espécies no ambiente. A inibição/estímulo resulta da interferência isolada ou coletiva nos processos fisiológicos, sendo por isso, considerados como um recurso para o desenvolvimento de pesticidas naturais (Gatti et al., 2004).

### **3.1.2. Alelopátia e seus efeitos**

Desde a antiguidade, sabe-se que algumas espécies vegetais podem prejudicar o crescimento de outras que estão nas suas proximidades. Durante muito tempo esse fato foi considerado como um fenômeno inexplicável (Rodrigues et al., 1992).

O efeito de substâncias secundárias tóxicas foi referido em 1832 por De Candolle, que iniciou as pesquisas nessa área e elaborou a teoria de que o “cansaço das terras” poderia ser devido ao acúmulo de produtos químicos produzidos pelas raízes de culturas anteriores e não a falta de nutrientes (Alves, 1992).

Existem dúvidas se as substâncias alelopáticas representam o produto final do metabolismo celular ou se são sintetizadas pelas plantas com funções específicas. (Almeida, 1985).

Alguns pesquisadores defendem a primeira hipótese, pois existem maiores quantidades de agentes aleloquímicos nos vacúolos das células, onde seriam depositados para evitar sua própria autotoxicidade. Outros pesquisadores consideram que a produção desses compostos é regida pelas leis da genética e que estão sendo constantemente sintetizados e degradados pelas plantas (Almeida, 1985). Segundo Swain (1977), os compostos secundários são elaborados pela célula com finalidade específica, sendo que sua síntese segue a lei da genética. Putnan & Duke (1974), bem como Fay & Duke (1977) relatam também que a síntese de substâncias alelopáticas pela célula é controlada geneticamente.

Bonner (1950) considera que, embora os aleloquímicos tenham sua síntese controlada, eles só exerceriam efeito, caso fossem liberados pela planta produtora e alcançassem à planta receptora numa quantidade suficiente para atuar efetivamente.

Para Miller (1996), os metabólitos secundários de plantas e seus produtos de degradação são importantes em todos os agroecossistemas. Segundo o autor, a autotoxicidade e a heterotoxicidade são tipos de alelopatia.

A autotoxicidade ocorre quando a planta produz substâncias tóxicas que inibem a germinação das sementes e o crescimento de plantas da mesma espécie. Pesquisas têm mostrado que plantas de alfafa contêm compostos fitotóxicos solúveis em água, que são liberados dentro do ambiente do solo, por meio de folhas frescas, caules e tecidos da coroa, bem como de material seco, raízes em decomposição e sementes (Hall & Henderlong, 1989). A heterotoxicidade ocorre quando substâncias fitotóxicas são liberadas pela lixiviação e exsudação das raízes e decomposição de resíduos de algum tipo de planta sobre a germinação das sementes e o crescimento de outra planta (Whittaker & Feeny, 1971).

Os compostos alelopáticos liberados por uma planta poderão afetar o crescimento, prejudicar o desenvolvimento normal e até mesmo inibir a germinação das sementes de outras espécies vegetais (Silva, 1978).

Conforme Klein & Muller (1980), a produção de agentes alelopáticos sofre também influência de fatores do meio ambiente. Assim, a radiação seria um deles, sendo que numerosos estudos indicam que a qualidade, intensidade e duração da luz interferem no fenômeno, além de condições de estresse, devido à seca, frio e carência nutricional, verificados também por Chou & Kuo (1986).

As plantas apresentam riqueza de substâncias químicas secundárias, que aparentemente, não estão diretamente relacionadas com os processos metabólicos normais da fotossíntese, respiração e crescimento (Harbone, 1977a).

Bell (1981) menciona que os compostos secundários apresentam papel ecológico, alguns podem ser produtos finais de rotas biossintéticas e outros produtos de excreção.

De acordo com Whittaker & Feeny (1971), os efeitos alelopáticos de uma planta são aceitos desde que sejam comprovados que um inibidor químico efetivo esteja sendo produzido e ocorra numa concentração potencialmente efetiva no solo e a inibição não seja por efeito de competição da planta por luz, água e nutrientes, nem por uma atividade animal.

Velini (1991) afirma que é extremamente difícil isolar os efeitos dos vários processos pelos quais as plantas afetam umas as outras, principalmente os efeitos da competição e da alelopatia, no que é corroborado por Alves (1992) que complementa citando que a competição entre plantas reduz ou remove do ambiente um fator de crescimento necessário a ambas, enquanto na alelopatia ocorre a adição de um fator ao meio.

Souza et al. (1993) estudaram em condições de casa de vegetação a possível ocorrência de efeito alelopático de 18 espécies de plantas daninhas sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* e observaram alterações importantes no desenvolvimento das mudas, tais como desaceleração no crescimento em altura, diâmetro do caule, produção de matéria seca e variações no teor de clorofila. Entre as espécies testadas, *Brachiaria decumbens* Stapf. foi aquela que provocou os efeitos mais drásticos, principalmente no desenvolvimento da parte aérea, reduzindo em 97,74% e 62,81% o aumento da matéria seca de caules e folhas e das raízes de plantas de eucalipto, respectivamente.

É importante lembrar que os efeitos benéficos de uma planta sobre outra não devem ser desvinculados do conceito de alelopatia, uma vez que um dado composto químico pode ter efeito inibitório ou estimulante, dependendo da concentração do mesmo no ambiente (Rice, 1979).

A atividade dos aleloquímicos tem sido aproveitada na agricultura, como alternativa ao uso de herbicidas, inseticidas e nematicidas. Estas substâncias, oriundas do metabolismo secundário vegetal, representam vantagem na evolução das espécies contra a ação de micro-organismos, vírus, insetos e outros patógenos ou predadores, seja inibindo a ação destes, inibindo o crescimento de outras plantas ou estimulando o crescimento das suas próprias sementes (Ferreira & Aquila, 2000).

A busca de produtos naturais para o manejo de plantas daninhas tem grande potencial para o desenvolvimento da agricultura sustentável e, principalmente, para a implementação de novas estratégias de controle. As pesquisas com produtos naturais podem resultar na descoberta de novos produtos químicos para aplicação direta como agentes de controle ou para a sua utilização indireta como aleloquímicos (Silva, 2004).

### **3.1.3. Natureza e função das substâncias alelopáticas**

Entre os agentes alelopáticos existem mais de 300 metabólitos secundários vegetais e microbiológicos pertencentes a muitas classes de produtos químicos (Rice, 1984) e esse número continua aumentando com a realização de novas pesquisas. Essa diversidade entre estruturas aleloquímicas é que dificulta os estudos de alelopatia. Outra complicação é que a origem de um aleloquímico frequentemente é obscura e sua atividade biológica pode ser reduzida ou aumentada pela ação microbiológica, oxidação e outras transformações. Possíveis fontes de aleloquímicos no ambiente das plantas incluem numerosos micro-organismos, certas invasoras, uma cultura anterior ou mesmo a cultura atual. Similarmente, as espécies afetadas podem ser os micro-organismos, as invasoras ou a cultura (Einhellig, 1996).

Vários tipos de compostos orgânicos foram identificados como aleloquímicos produzidos por micro-organismos ou plantas superiores (Rice, 1984), podendo ser relacionados como principais, os seguintes:

- Ácidos orgânicos solúveis em água, álcoois de cadeia reta, aldeídos alifáticos e cetonas; ácidos cítricos, málico, acético e butírico; metanol, etanol e acetaldeído;
- Lactonas insaturadas simples: patulina e ácido parasorbico;
- Ácidos graxos de cadeia longa e poliacetilenos: oléico, esteárico, mirístico e agropireno;
- Naftoquinonas, antraquinonas e quinonas complexas: juglona, tetraciclina e aureomicina;
- Fenóis simples, ácido benzóico e derivados: ácido gálico, vanílico e hidroquinona;
- Ácido cinâmico e derivados: ácido clorogênico e ferúlico;
- Cumarinas: escopoletina e umbeliferona;
- Flavonóides: quercetina, florizina e catequina;
- Taninos condensados e hidrolisáveis: ácidos elágico e digálico;
- Terpenóides e esteróides: cineol, cânfora e limoneno;
- Aminoácidos e polipeptídeos: marasmina e victorina;

- Alcalóides e cianidrinas: estriquinina, atropina, codeína, cocaína e amidalina;
- Sulfetos e glicosídeos: sirigrina e alilisotiocianato;
- Purinas e nucleosídeos: cordicepina, teofilina e paraxantina.

Nas plantas, as substâncias alelopáticas desempenham as mais diversas funções, sendo responsáveis pela prevenção da decomposição das sementes, interferem na sua dormência e, também, na dormência das gemas e influenciam nas relações com outras plantas, micro-organismos, insetos e até com animais superiores, incluindo o homem (Durigan & Almeida, 1993).

Os compostos químicos liberados pelas plantas ou micro-organismos no ambiente e que causam efeitos benéficos ou deletérios sobre outras plantas ou micro-organismos são denominados de substâncias alelopáticas, agentes aleloquímicos ou simplesmente aleloquímicos ou produtos secundários (Carvalho, 1993).

Quando o composto liberado causa somente efeitos prejudiciais, recebe também o nome de fitotoxina. Esses compostos podem ser produzidos em qualquer parte das plantas e a sua concentração varia de espécie para espécie e numa mesma espécie, de acordo com a parte da planta e o seu estágio de desenvolvimento (Rodrigues et al., 1993).

A vegetação de uma determinada área pode ter um modelo de sucessão condicionado às plantas pré-existentes e às substâncias químicas que elas liberam no meio. Da mesma forma, no manejo agrícola, florestal e na horticultura, a ocupação prévia de uma área pode ter significativa influência sobre os cultivos que serão instalados. O conhecimento dos efeitos alelopáticos das plantas torna-se muito importante, principalmente, para a agricultura, pois impede que plantas invasoras instalem-se dentro de um cultivo causando a redução da safra (Ohno et al., 2001)

#### **3.1.4. Vias de liberação e fatores que afetam a produção de aleloquímicos**

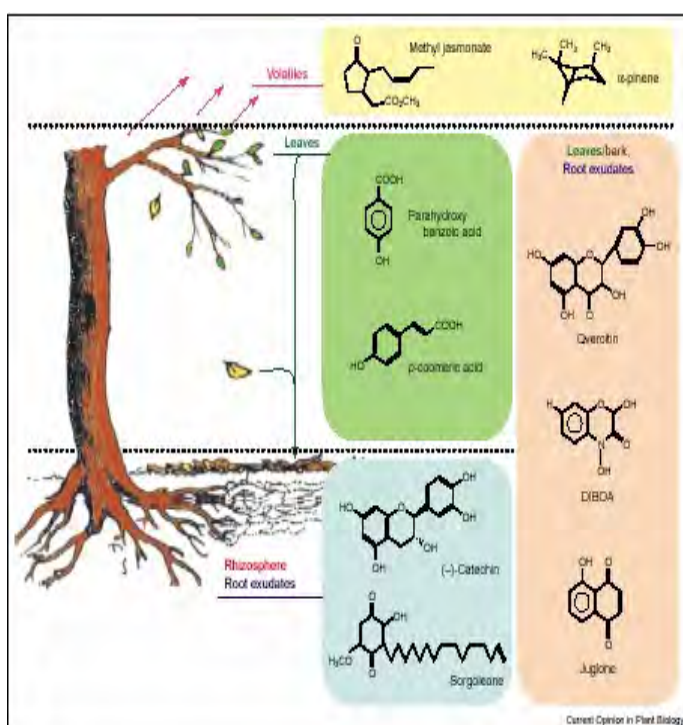
Todas as plantas são potencialmente capazes de sintetizar compostos alelopáticos, embora as plantas cultivadas e suas variedades comerciais tenham perdido muito essa capacidade. Essa característica era mais comum nos precursores silvestres das atuais plantas cultivadas, que se adaptaram para competir com outras plantas, garantindo não só a formação de estandes puros, como também a defesa contra insetos (Bansal & Bhan, 1993).

Resultados experimentais obtidos por vários autores mostram que todas as partes das plantas podem conter compostos alelopáticos. Em bioensaios, esses compostos já foram encontrados nas folhas, caules aéreos, rizomas, raízes, flores, frutos e sementes de

diversas espécies, mas as folhas e as raízes são as fontes mais importantes de aleloquímicos (Rodrigues et al., 1993; Weston, 1996).

Compostos alelopáticos podem ser liberados na natureza por exsudatos ou por decomposição das plantas ou partes delas (Salas & Vieitez, 1975; Khan, 1982; Rice, 1984). Estas substâncias aleloquímicas (Bhowmik & Doll, 1982) podem inibir a germinação ou o crescimento de outras plantas (Evenari, 1949; Dalrymple & Rogers, 1983; Kil & Yim, 1983), resultando em sérios problemas para a agricultura (Miller, 1983; Taylor & Shaw, 1983; Castro et al., 1984; Picman & Picman, 1984).

Os compostos alelopáticos podem ser liberados das plantas para o ambiente por vários mecanismos (**Figura 1**), por lixiviação a partir dos tecidos, volatilização, exsudação pelas raízes e decomposição de resíduos da planta (Souza, 1988; Rodrigues et al., 1992; Weidenhamer, 1996; Weir et al., 2004).



**Figura 1.** Os aleloquímicos podem ser encontrados em qualquer parte da planta podendo ser secretados como exsudatos radiculares ou por volatilização (Weir et al., 2004).

- lixiviação: as toxinas solúveis em água são lixiviadas da parte aérea e das raízes ou, ainda, dos resíduos vegetais em decomposição (Almeida, 1985). Pode-se citar, principalmente, a lixiviação dos ácidos orgânicos, açúcares, aminoácidos, substâncias pécticas, terpenóides, alcalóides, compostos fenólicos e giberelinas (Souza, 1988);

- volatilização: compostos aromáticos são volatilizados das folhas, flores, caules e raízes e podem ser absorvidos por outras plantas (Almeida, 1985). Nesse grupo, encontram-se compostos como o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), a amônia (NH<sub>3</sub>), o etileno e os terpenóides. Esses últimos atuam sobre as plantas vizinhas, por meio dos próprios vapores, condensados no orvalho, ou ainda, alcançam o solo e são absorvidos pelas raízes (Souza, 1988);

- Exsudação pelas raízes: um grande número de compostos alelopáticos são liberados na rizosfera circundante e podem atuar direta ou indiretamente nas interações planta/planta e na ação de micro-organismos (Tukey Júnior, 1969). Entre esses compostos podem ser citados o ácido oxálico, a amidalina, a cumarina e o ácido transcinâmico (Silva, 1978; Souza, 1988);

- Decomposição de resíduos: toxinas são liberadas pela decomposição das partes aéreas ou subterrâneas, direta ou indiretamente, pela ação de micro-organismos (Silva, 1978). Perdas da integridade de membranas celulares permitem a liberação de um grande número de compostos que impõem toxicidade aos organismos vizinhos, tais como os glicosídeos cianogênicos (Souza, 1988), ácidos fenólicos, agropireno, cumarinas (Silva, 1978) e flavonóides (Rice, 1984).

A inibição alelopática resulta da ação conjunta de um grupo de aleloquímicos que, coletivamente, interferem em vários processos fisiológicos e dependem da extensão dos estresses bióticos e abióticos associados.

A alelopatia está estreitamente ligada a outros estresses ambientais, incluindo temperaturas extremas, deficiências de nutrientes e de umidade, radiação, insetos, doenças e herbicidas (Einhellig, 1996). Essas condições de estresse, frequentemente, aumentam a produção de aleloquímicos, aumentando o potencial de interferência alelopática (Einhellig, 1995).

Independente de como são liberados, os agentes aleloquímicos conhecidos são classificados dentro do grupo de substâncias do metabolismo secundário das plantas. Dessa forma, segundo Whittaker & Feeny (1971) encontram-se os ácidos fenólicos, flavonóides e outros compostos aromáticos, além de substâncias como terpenóides, esteróides, alcalóides



e cianetos orgânicos. Muitos destes compostos ao se ligarem aos glicosídeos perdem o caráter tóxico tornando-se inofensivos dentro da planta.

Para Almeida (1988), os aleloquímicos são enquadrados em cinco principais grupos: ácidos fenólicos, flavonóides, terpenóides, esteróides e alcalóides, embora Rice (1974) tenha proposto quinze categorias bioquímicas e Putnam (1985), agrupando-os em doze grupos, incluindo gases tóxicos como o ácido cianídrico.

### **3.1.5. Mecanismos de ação e funções dos compostos alelopáticos**

O conhecimento dos efeitos alelopáticos e dos mecanismos de ação de várias substâncias são importantes para se entender as interações entre as plantas, tanto nos ecossistemas naturais, como nos agrícolas (Rodrigues et al., 1993).

Os efeitos dos aleloquímicos estão relacionados a processos fisiológicos na planta, entretanto, os mecanismos de ação desses compostos ainda não estão completamente esclarecidos. Sabe-se que os mesmos afetam processos, tais como a germinação das sementes e o crescimento de plântulas, a assimilação de nutrientes, a fotossíntese, a respiração, a síntese de proteínas, a atividade de várias enzimas e a perda de nutrientes pelos efeitos na permeabilidade da membrana celular (Durigan & Almeida, 1993; Rodrigues et al., 1993; Einhellig, 1995).

A grande diversidade dos compostos que causam alelopatia indica diferentes mecanismos de ação e, em muitos casos, sua fitotoxicidade pode originar-se de um rompimento celular generalizado do que de um mecanismo específico (Einhellig, 1995).

São poucas as informações sobre como as substâncias alelopáticas atuam nas plantas. A grande dificuldade que se apresenta é que essas substâncias afetam mais de uma função e provocam efeitos colaterais difíceis de se distinguir dos principais.

Muitos metabólitos podem ser estimulantes ou inibidores de processos fisiológicos, dependendo da concentração, atividade fisiológica e outros fatores (Rice, 1979).

Rice (1984) menciona que os efeitos podem ocorrer sobre:

- a regulação do crescimento (divisão celular, síntese orgânica, interação com hormônios, efeito sobre enzimas e metabolismo respiratório);
- a abertura estomática e fotossíntese;
- a absorção de nutrientes;
- a inibição da síntese de proteínas;
- as mudanças no metabolismo lipídico.

Testes fitoquímicos mostraram que inibidores se concentram mais nas folhas, seguidas do caule, flores e raízes (Moreira, 1979). Entretanto, todas as partes da planta têm demonstrado conterem aleloquímicos, através de bioensaios com folhas, caule, raízes, rizomas, flores, frutos e sementes que mostraram a presença de inibidores, cuja quantidade e composição variam com a espécie estudada (Putnam, 1985).

Estudos sobre interações alelopáticas podem ser úteis na busca por fitotoxinas naturais, produzidas por plantas ou micro-organismos e de derivados sintéticos a serem empregados como herbicidas naturais, mais específicos e menos prejudiciais ao ambiente (Macias et al., 1998a).

O entendimento dos efeitos alelopáticos e dos mecanismos de ação de várias substâncias são importantes para se entender às interações entre plantas, tanto nos ecossistemas naturais, como nos agrícolas (Rodrigues et al., 1993).

A alelopatia envolve interação entre estresses abióticos e bióticos, estes através de múltiplos compostos que podem ter relações sinérgicas que potencializam suas ações (Einhellig, 1999).

### **3.2. Germinação de Sementes**

A germinação é uma sequência de eventos metabólicos que resulta na formação da plântula (Bewley & Black, 1994). A baixa porcentagem de germinação pode ser resultante de problemas resultantes de fatores intrínsecos às sementes como dormência, baixo vigor e baixa longevidade ou devido aos fatores ambientais durante a condução do teste de germinação, como luz e temperatura.

De maneira geral, existem três condições básicas para que uma semente germine e promova o desenvolvimento de uma nova plântula: condições ideais de água, oxigênio e temperatura. A água é fundamental para a reativação do metabolismo do eixo embrionário. O oxigênio participa das reações de oxidação no processo de respiração e síntese de energia através da adenosina trifosfato (ATP) e a temperatura é um fator importante, pois as espécies são adaptadas a diferentes temperaturas, havendo uma ampla faixa de temperatura em que pode ocorrer a germinação (Castro et al., 2004; Sert et al., 2009).

A maior mudança que ocorre durante a germinação de sementes é o rápido aumento da respiração, envolvendo a glicólise, a via pentose-fosfato, o ciclo do ácido tricarbóxico e a fosforilação oxidativa. A importância desses caminhos e a contribuição de cada enzima na regulação desses caminhos, não é totalmente compreendida (Botha et al., 1992).

Entretanto, é provável que o aumento da atividade respiratória em sementes esteja relacionado ao aumento da atividade glicolítica (Podestà & Plaxton, 1994).

Uma das principais formas pelas quais os extratos aquosos de plantas com propriedades alelopáticas afetam outras plantas é a inibição da germinação, visto que as sementes são excelentes organismos para bioensaios, pois, quando são reidratadas elas entram no processo de germinação, onde sofrem rápidas mudanças fisiológicas e tornam-se altamente sensíveis ao estresse ambiental. Este efeito é avaliado através de experimentos de laboratório, que consistem na aplicação de extratos aquosos das plantas avaliadas sobre as sementes das plantas invasoras provenientes da área de estudo. Algumas leguminosas utilizadas como cobertura, apresentam efeito inibitório através de substâncias químicas liberadas no solo pela sua decomposição reduzindo a germinação de certas plantas invasoras (Sousa Filho et al., 1997).

Os fenólicos são conhecidos pela inibição da germinação de sementes, sendo muito frequentes em material vegetal em decomposição (Rice, 1984). Uma das funções dos compostos fenólicos é sua influência sobre a germinação de sementes de outras plantas, reduzindo e inibindo sua capacidade germinativa. Extratos aquosos de plantas como *Erica vagans*, *Calluna vulgaris*, *Daboecia cantabrica* (Ballester et al., 1982), *Empetrum hermaphroditum* (Nilsson et al., 1993), *Athyrium filix-femina*, *Vaccinium myrtillus*, *Pinus densiflora* (Pellissier, 1993), *Artemisia princeps* var. *orientalis* (Kil & Yim, 1983) e *Pilocarpus goudotianus* (Macias et al., 1993) que são ricas em compostos fenólicos, inibem a germinação de sementes de diferentes espécies. Para muitos dos fenólicos, a faixa de bioatividade está entre 0,1 e 1mM (Einhellig, 1995).

A alelopatia é assim, determinada pela interação de todos os agentes aleloquímicos do que por uma única substância. Além do efeito direto sobre a inibição da germinação, alguns compostos fenólicos apresentam efeito sobre o alongamento de raízes, absorção de nutrientes e no acúmulo de matéria seca nas raízes e na parte aérea (Blum & Rebbeck, 1989; Kuiters, 1989; Lyu & Blum, 1990).

Uma semente viável em repouso, por quiescência ou dormência, quando são satisfeitas as condições externas (do ambiente) e internas (intrínsecas do indivíduo), ocorrerá o crescimento do embrião, o qual conduzirá à germinação. Por isso, do ponto de vista fisiológico, germinar é simplesmente sair do repouso e entrar em atividade metabólica (Nassif et al., 1998).

Dentre os principais fatores que afetam a germinação pode-se citar: a luz, a temperatura, a disponibilidade de água e o oxigênio. Algumas sementes germinam somente

com extensa exposição à luz e outras com breve exposição apesar de muitas se apresentarem indiferentes à luminosidade. Certas sementes germinam somente no escuro e outras necessitam de um longo ou curto fotoperíodo diário (Nassif et al., 1998).

A germinação não está apenas relacionada com a presença ou ausência de luz mas também com a qualidade de luz. A qualidade de luz durante a maturação da semente é um importante fator controlador da germinação. Em geral, os fatores luz e temperatura não têm ação independente sobre a germinação de sementes. Assim, a temperatura exerce importante papel na germinação de sementes fotossensíveis (Nassif et al., 1998).

Entre os fatores do ambiente, a água é o fator que mais influencia o processo de germinação. Com a absorção de água ocorre a reidratação dos tecidos e, conseqüentemente, a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que resultam no fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada de crescimento por parte do eixo embrionário. Por outro lado, o excesso de umidade, em geral, provoca decréscimo na germinação, visto que impede a penetração do oxigênio e reduz todo o processo metabólico resultante (Bewley & Black, 1994; Cordoba et al., 1995; Borges, 2003; Dantas, 2008).

O fenômeno fisiológico da germinação inicia-se com a entrada de água na semente (embebição) e termina com o início do alongamento do eixo embrionário, normalmente a radícula. A absorção de água é fundamental para iniciar o processo de germinação, sendo a velocidade de embebição diretamente relacionada à permeabilidade do tegumento, temperatura, composição química da semente e disponibilidade de água no ambiente (Sousa-Silva et al., 2001).

O processo de germinação inicia-se com a embebição, sendo que esta ocorre de forma trifásica. Primeiramente, ocorre rápida absorção de água (fase I) seguida de uma fase estacionária com pouca troca no conteúdo de água (fase II), caracterizada pela ativação do metabolismo da germinação e, subseqüente, aumento no conteúdo de água, coincidindo com o rápido crescimento da radícula (fase III). A reidratação do protoplasma desencadeia todo o processo metabólico, devido ao aumento da respiração e, conseqüentemente, acréscimo de energia que favorece o crescimento do embrião (Bewley, 1997).

A velocidade de absorção de água varia com a espécie, com o número de poros distribuídos sobre a superfície do tegumento, disponibilidade de água, temperatura, pressão hidrostática, área de contato semente/água, forças intermoleculares, composição química e qualidade fisiológica da semente. A embebição é essencialmente um processo físico

relacionado às características de permeabilidade do tegumento e das propriedades dos colóides que constituem as sementes, cuja hidratação é uma de suas primeiras consequências.

A germinação é considerada como a emergência de parte da planta no solo ou a formação de uma plântula vigorosa sobre um substrato, sendo este mais apropriado para estudos em condições de campo, segundo o aspecto agrônomico ou tecnológico. Já o critério botânico considera germinadas as sementes em que uma das partes do embrião emergiu de dentro dos envoltórios, acompanhada de algum sinal de metabolismo ativo, como a curvatura da radícula (Laboriau, 1983).

### **3.3. Componentes e mobilização de reservas em sementes**

Segundo Bernardes (2010), as plantas apresentam diferentes estratégias de adaptação às alterações dos fatores bióticos e abióticos no meio em que habitam, portanto, o acúmulo de compostos de reserva em sementes representa parte importante do processo. Estas substâncias são utilizadas durante a germinação e, posteriormente, metabolizadas para o crescimento e desenvolvimento das plântulas.

São atribuídos diferentes propósitos para estas substâncias de reserva, como a geração de energia e a produção de novas biomoléculas (proteínas, ácidos nucleicos, carboidratos e lipídios) para a construção de novos tecidos e células até a plântula se tornar um organismo autotrófico (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989; Buckeridge et al., 2000)

Segundo Carvalho & Nakagawa (2000), a composição química das sementes é definida geneticamente, podendo em alguns casos ser influenciada pelas condições ambientais e tratos culturais a que foram submetidas às plantas que as originaram. As sementes apresentam composição química bastante variável e caracteriza-se por apresentar dois grupos de componentes químicos: os que ocorrem normalmente como constituintes em todos os tecidos da planta e aqueles que são materiais de reserva. Estes componentes são oriundos, por translocação, de elementos acumulados anteriormente em outras partes da planta ou através da fotossíntese, por ocasião da formação e desenvolvimento da semente.

Toledo & Marcos Filho (1977) afirmam que a composição química tem grande importância porque as sementes são fontes de nutrientes para homens e animais. Deve-se ressaltar ainda que, as reservas armazenadas na semente proporcionam nutrientes e energia necessária para as funções vitais da própria semente e para a plântula na fase de germinação.

As substâncias orgânicas são de fundamental importância na constituição das sementes, tanto no seu desenvolvimento como na sua utilização quer seja na alimentação humana ou para animais domésticos e, ou selvagens, além de estarem diretamente relacionados com o potencial de conservação de sementes (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975).

As sementes oleaginosas, como as de mamona (*Ricinus communis* L.) se destacam pelo elevado teor protéico que apresentam, podendo constituir fontes alternativas de proteínas para alimentação animal, além de participar em vários processos industriais (Savy Filho & Banzatto, 1983).

As sementes têm sido estudadas quanto à composição química de suas reservas e tal interesse, não se dá apenas por seu teor nutritivo, mas por serem úteis na confecção de produtos industrializados (Buckeridge et al., 2004), entre diversos fins. Além disso, o estudo da composição química é do interesse prático da tecnologia de sementes, porque tanto o vigor quanto o potencial de armazenamento de sementes são influenciados pelo teor dos compostos presentes (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Outro aspecto importante diz respeito à relação entre composição química da semente e o gasto de energia necessário para a sua formação (Mendes, 1995). Recentemente, estudos acerca da fisiologia da germinação de sementes de *C. peltophoroides* têm sido desenvolvidos (Pontes et al., 2002; Borges, 2003; Borges et al., 2005). Entretanto, aspectos bioquímicos e fisiológicos da composição das reservas e sua mobilização nas sementes durante a germinação e crescimento inicial das plântulas ainda são pouco conhecidos.

O embrião requer açúcar para o seu desenvolvimento e para que seja armazenada para posterior utilização no processo da germinação. Os açúcares podem ainda regular os sinais que afetam a expressão de genes e, conseqüentemente, o desenvolvimento da planta (Bewley & Black, 1994).

Os principais compostos de reserva em uma semente são os carboidratos, lipídios e proteínas variando em proporção nas diferentes espécies. O estudo da composição química de uma semente também é de interesse prático da tecnologia de sementes, porque tanto o vigor quanto o potencial de armazenamento de sementes são influenciados pelo teor dos compostos de reserva presentes. A composição química das sementes exhibe, de maneira geral, os mesmos compostos encontrados em outras partes da planta, sendo que o ambiente onde crescem as plantas, a adubação e muitos outros fatores são capazes de alterar esta

constituição, aumentando ou diminuindo a quantidade de certos componentes (Liberal & Coelho, 1980).

As reservas de carboidratos, lipídios e proteínas presentes nas sementes são utilizadas pelo embrião como fonte de energia e substrato para estruturas celulares. A utilização de amido ou de açúcares solúveis é variável, dependendo da espécie, podem ser utilizados durante a germinação ou no estágio de plântula.

### **3.3.1. Carboidratos**

Os carboidratos são a principal fonte de reservas de sementes de plantas cultivadas para o consumo humano (Bewley & Black, 1994), em razão de seu alto valor energético e constituem-se no material predominante em cariopses de cereais e outras gramíneas, sendo o amido, o principal carboidrato de reserva formando aproximadamente 83% da matéria seca total das sementes de trigo, cevada, centeio, milho, sorgo e arroz e cerca de 79% na aveia (Kent, 1971).

Plantas e outros organismos fotossintetizantes utilizam energia solar para sintetizar carboidratos a partir de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Os carboidratos são sintetizados nas plantas verdes, graças à fotossíntese, em que há conversão do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e água em glicídeos, com energia fornecida pela luz. A energia armazenada na molécula de glicose durante a fotossíntese é liberada na degradação (catabolismo) da glicose, produzindo-se água e  $\text{CO}_2$  (Beltrão & Oliveira, 2007).

Do ponto de vista do metabolismo, a principal função dos carboidratos nos organismos vegetais e animais é o fornecimento de energia. Esse processo se denomina glicólise, que é a degradação da glicose com liberação de energia e formação dos ácido láctico e pirúvico. Assim, além de constituir fonte de energia para os processos vitais, a glicose é um carboidrato necessário para a síntese de grande número de compostos químicos fundamentais para o metabolismo (Beltrão & Oliveira, 2007).

O amido e glicogênio servem como reserva de glicose. Já polímeros insolúveis de carboidratos, atuam na sustentação nas paredes celulares de plantas (Boesewinkel & Bouman, 1995) e bactérias e, também, no tecido conjuntivo e no revestimento celular dos animais.

Em sementes ortodoxas, o período de enchimento do órgão é sucedido por um período característico de secagem. Os oligossacarídeos são degradados logo no início da germinação e acredita-se que sejam compostos de reserva. Porém, sua principal função tem sido atribuída à propriedade das sementes ortodoxas de estabilizarem suas membranas e,

com isso, poderem permanecer secas por um longo período, após o qual germinam normalmente (Ferreira & Borghetti, 2004).

Apesar das diferenças entre os mecanismos específicos de biossíntese e de degradação de cada um dos polissacarídeos de reserva, há uma série de eventos pelos quais essas substâncias são acumuladas e, posteriormente, degradadas e utilizadas pelas plântulas em desenvolvimento (Buckeridge et al., 2000).

Durante a fase final da maturação das sementes, em que estas se tornam quiescentes, os principais fenômenos são as atividades de biossíntese e degradação dos polissacarídeos na parede celular. Pouco se sabe sobre os mecanismos de controle desses processos, tais como possíveis hormônios que poderiam estar envolvidos, ou mesmo, sobre os mecanismos de biossíntese (Buckeridge et al., 2000).

O amido e a celulose dos vegetais são formados por unidades de glicose, se difere na forma com que estas unidades estão ligadas entre si. Os grãos de amido possuem forma variada (esférica, lenticular, angulosa, fusiforme), dependendo de sua composição, sendo típica de cada espécie vegetal, sugerindo-se que a forma arredondada está associada ao teor elevado de amilose. A alteração do formato representa sintoma do progresso da deterioração. A maioria dos grãos de amido é composta por aproximadamente 50-75% de amilopectina e 20-25% de amilose (Copeland & McDonald, 1995).

Os monossacarídeos mais simples são as trioses – 3 átomos de carbono – gliceraldeído, uma aldose, diidroxiacetona, uma cetose. Os monossacarídeos com 4, 5, 6 e 7 átomos de carbonos, são denominados de: tetroses, pentoses, hexoses e heptoses, sendo que existem também em duas classes: aldotetroses e cetotetroses, aldopentoses e cetopentoses, aldoexoses e cetoexoses.

Todos os monossacarídeos exceto a diidroxiacetona que contém um ou mais carbonos assimétricos ou quirais, assim, ocorrem em formas isoméricas óticamente ativas.

Os dissacarídeos e oligossacarídeos são comumente encontrados como reservas menores no embrião e em tecidos de reservas extra-embriônicos, eles constituem importantes fontes de energia para a respiração, durante a germinação e o desenvolvimento inicial da plântula (Marcos Filho, 2005).

O amido é a principal molécula de armazenamento de carbono em plantas e é a fonte principal da energia. O amido é produzido nas folhas durante o dia a partir dos produtos da fotossíntese, sendo acumulado de maneira transiente nos cloroplastos, sob a forma de grânulos insolúveis. Ao cair da noite, as vias de acúmulo dão lugar a degradação



do amido e os carboidratos são exportados a partir do plastídeo, predominantemente como maltose e em menor proporção como glicose (Niittyla et al., 2004).

Desde a fase da embebição da semente até a formação das primeiras folhas da nova plântula, esses compostos são degradados por várias vias metabólicas para inúmeras finalidades, implicando assim, em alterações significativas na concentração das substâncias de reserva (Suda & Giorgini, 2000; Pontes et al., 2002; Bezerra et al., 2003; Benzioni et al., 2006; Corte et al., 2006., citados por Bernardes, 2010).

Segundo Tozzi (2010), os carboidratos são a principal fonte de reserva de sementes de plantas cultivadas para consumo humano (Bewley & Black, 1994), em razão de seu alto valor energético. Seu principal representante é a molécula de glicose, além de outras, como por exemplo, galactose, manose, xilose e frutose que formam diversos polímeros com função de reserva. Açúcares livres raramente são materiais de reserva, porém, podem servir como tal em algumas sementes, como em *Acer saccharum*, onde sua concentração é de 11% (Bewley & Black, 1994).

Heldt (2005) afirma que os principais carboidratos de reserva em uma semente são os polissacarídeos e o amido de reserva da parede celular. Por ser uma molécula relativamente instável, já que o seu grupamento aldeído pode ser espontaneamente oxidado à carboxila, a glicose pode ser polimerizada para a formação de amido, que é osmoticamente inerte e, portanto, não interfere no equilíbrio osmótico da semente.

O amido é composto por dois polímeros, organizados de maneira concêntrica: amilose, formada por cadeias não ramificadas de aproximadamente 1000 moléculas de glicose por meio da ligação glicosídica (1,4) e amilopectina, cadeias de amilose ramificadas pela ligação glicosídica (1,6) (com ramificações a cada 20-25 moléculas) e, aproximadamente, 104 a 105 moléculas.

A proporção entre os dois polímeros varia de acordo com os autores, sendo aproximadamente 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina (Bewley & Black, 1994; Buckeridge et al., 2004a; Heldt, 2005). É exatamente nessas ligações glicosídicas que as enzimas degradadoras de amido vão atuar, desmembrando os grânulos de amido em estruturas menores, como a maltose e a glicose (Bewley & Black, 1994; Buckeridge et al., 2004b, citados por Tozzi, 2010).

Os polissacarídeos de reserva de parede celular são divididos em três grupos: mananos (podendo ser subdivididos em mananos puros, glucomananos e galactomananos), xiloglucanos e galactanos (Buckeridge et al., 2000).

### 3.3.2. Lipídios

Os lipídios são constituintes encontrados em todas as partes da semente, ocorrendo em maior porcentagem no embrião (cotilédones) ou no endosperma. Em algumas espécies são predominantes em outras estruturas, como hipocótilo na castanha do Pará (*Benholletia excelsa* Humb et Bonpl) e megagametófito no pinus japonês (*Pinus densiflora* Sieb et Zvec.), que são tecidos de reserva nestas sementes.

São, geralmente, representados na forma de glicerídeos (triglicerídeos) de ácidos graxos, sendo predominantes nas sementes os ácidos graxos insaturados. Os de ocorrência mais comum são os ácidos oléicos, linoléico e linolênico e, dentre os ácidos graxos saturados, o palmítico e o esteárico são os mais comuns. Glicerídeos de outros ácidos orgânicos, tanto saturados como insaturados, podem ocorrer como: acético, butírico, láurico, mirístico, araquídico e outros.

As reservas de triglicerídeos se encontram em organelas esféricas denominadas esferossomas, corpúsculos de óleo ou corpúsculos de lipídio, com diâmetro entre 0,2 a 2,0 µm (Herman, 1995). Nas sementes ricas em óleo, estes corpúsculos podem ocupar todo o espaço vazio da célula.

O teor de óleo das sementes pode variar em função das características genéticas e em função do meio ambiente. Durante o desenvolvimento da semente há variações na composição em teor e em componentes de ácidos graxos. Dessa forma, Rubel et al. (1972) e Yazdi-Samadi et al. (1977), observaram aumentos no teor de óleo das sementes de soja, com o desenvolvimento. Os primeiros autores constataram que os teores dos ácidos, oléico e linoléico aumentaram com o desenvolvimento, enquanto que o palmítico, esteárico e linolênico decresceram no final do desenvolvimento, se manterem constantes.

Os lipídios são armazenados nas sementes em estruturas denominadas oleossomos, sob a forma de triacilgliceróis. Estes, são hidrolisados à ácidos graxos e glicerol sob a ação de enzimas denominadas lipases. Embora a composição de ácidos graxos seja diferente entre as espécies, os ácidos, palmítico, oléico, linoléico e linolênico, geralmente, ocorrem em maior quantidade, compondo até 60% da massa de algumas sementes oleaginosas. Estes ácidos possuem cadeias carbônicas que variam de 14 a 18 carbonos de 1 à 3 insaturações. Dessa forma, a classe dos lipídeos representa a forma mais eficiente de estocar energia e a sua oxidação é mais energética que a dos carboidratos e das proteínas, devido a isso muitas plantas sintetizam lipídeos durante o desenvolvimento das sementes, para garantir maior aporte energético durante a germinação (Miquel & Browse, 1995; Bucheridge et al., 2004).

Segundo Beltrão & Oliveira (2007), os lipídios não são depositados sob a forma de ácidos graxos livres, mas sob a forma de triglicerídeos. A biossíntese envolve 3 etapas: (1) a produção do esqueleto principal de glicerol; (2) a formação dos ácidos graxos e (3) a esterificação do glicerol com as cadeias de ácidos graxos. Durante todo o processo, não há nem glicerol nem ácidos graxos livres, mas glicerol-3-fosfato e ácidos graxos ligados à coenzima A ou a uma proteína carreadora (Bewley & Black, 1994).

A biossíntese de triglicerídeos envolve diversas organelas. Os ácidos graxos são produzidos em plastídeos a partir de acetil-CoA, sendo transferidos para o retículo endoplasmático liso (REL), onde sofrem modificações como formação de insaturações (ligações duplas) e adição de hidroxilas. Com isso, forma-se no REL um banco de ácidos graxos que são transferidos por um carreador (CoA ou uma proteína carreadora) para o glicerol, gerando os triglicerídeos que se acumulam na membrana (Bewley, 2001).

Esse acúmulo de lipídios na membrana gera uma protuberância que, eventualmente, se separa do REL e forma um corpo lipídico. Em algumas espécies, essa separação das organelas é total, mas em outras, uma ligação entre as organelas (Retículo endoplasmático liso e corpo lipídico) pode ser mantida. Como o interior do corpo lipídico é composto por moléculas hidrofóbicas, há apenas uma camada de fosfolípidos na membrana simples da organela (Bewley, 2001).

O armazenamento de lipídios ocorre em corpúsculos discretos no citoplasma delimitados por uma única membrana, chamados geralmente de corpos lipídicos (Somerville, 2000). Outros termos que também podem ser encontrados são esferossomos e glóbulos lipídicos (Yoo, 1970; Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989). Os lipídios são armazenados na forma de triglicerídios e sua mobilização ocorre da seguinte maneira: (1) os triglicerídios são hidrolisados, resultando em glicerol e ácidos graxos livres; (2) o glicerol é utilizado na síntese de glicose e (3) os ácidos graxos livres são degradados gerando acetil, que também será usado na síntese de glicose ou na respiração.

Segundo Tozzi (2010), a hidrólise dos triglicerídios é feita por enzimas sintetizadas após a germinação (lipases). Lipases que possuem atividade ótima ao redor de pH 4,0 e diminuem após a germinação são consideradas como não associadas à mobilização dos triglicerídios; já as lipases com atividade ótima em pH neutro aumentam a atividade durante a mobilização dos triglicerídios, após a germinação. A atividade dessas lipases encontra-se no citosol ou nos glioxissomos e não nos corpos lipídicos (Bewley & Black, 1994).

O destino dos subprodutos da hidrólise de triglicerídios é variado. O glicerol pode ser reutilizado para a síntese de triglicerídios, utilizado na respiração, ou convertido à sacarose e transportado ao eixo em crescimento. Já os ácidos graxos livres sofrerão  $\beta$ -oxidação e o seu produto, acetil-CoA, poderá ser utilizado na respiração celular ou na síntese de glicose (Bewley & Black, 1994).

O processo pelo qual essas enzimas têm acesso ao seu substrato ainda não foi completamente esclarecido. Sabe-se que a mobilização dos lipídios está associada às oleosinas (Buckeridge et al., 2004b) que são proteínas de 15 a 26 KDa presentes nas membranas dos corpos lipídicos.

### **3.3.3. Proteínas**

As proteínas são albuminas, globulinas, glutelinas e prolaminas. Porém, nem todos os grupos podem ser encontrados nas sementes de uma determinada espécie, por exemplo, as prolaminas são mais abundantes nas gramíneas, mas incomuns em outros cereais e as globulinas são predominantes em dicotiledôneas, principalmente nas leguminosas. Já as albuminas são mais freqüentes em sementes de dicotiledôneas e têm sido muito estudadas em Cruciferae (Suda & Giorgini, 2000).

A maioria das espécies tem como reserva alimentar as moléculas de proteínas sendo, após a água, os compostos mais importantes do protoplasma e essenciais para a formação de novos tecidos. Sementes de soja, feijão, ervilha, cevada, trigo e centeio acumulam quantidades significativas de proteínas (Marcos Filho, 2005). Desta forma, as proteínas são os componentes básicos de toda célula viva. São polímeros de aminoácidos sintetizados biologicamente na célula e funcionam como enzimas, componentes estruturais e materiais de reserva.

As proteínas acumuladas nas sementes podem ser divididas em três categorias, segundo classificações mais modernas: (1) proteínas de reserva, cuja função é armazenar nitrogênio, enxofre e carbono; (2) proteínas estruturais e metabólicas, essenciais para o crescimento e estrutura da semente e (3) proteínas de proteção que podem conferir tolerância à planta ou à semente a patógenos microbianos, invertebrados ou até mesmo minimizar aspectos inerentes à dessecação.

Os principais grupos protéicos de reserva incluem as prolaminas (proteínas de reservas, de cereais e gramíneas selvagens); glutelinas (presente em trigo, milho e outros cereais); as globulinas que são as principais proteínas de reservas na maioria das sementes

de dicotiledôneas e as albuminas, também encontradas em sementes de dicotiledôneas (Muntz et al., 2001; Buckeridge et al., 2004).

As proteínas são encontradas em todos os tecidos das sementes, apresentando-se em maiores concentrações no embrião. Nas sementes de cereais, as maiores concentrações são encontradas no embrião e na camada de aleurona do que no endosperma, pericarpo e tegumento sendo que, no endosperma, as concentrações diminuem da periferia para o centro (Kent, 1971). Entretanto, nestas espécies, como o endosperma representa a maior porcentagem em peso da semente, a maior quantidade de proteínas é encontrada nesta parte, diferindo, portanto, das espécies em que os materiais de reserva são acumulados nos cotilédones. Em sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) Hulse (1975) constataram que o teor de proteína na parte externa do cotilédone (com 25,7%) era maior que na interna (com 19,4%).

Baseando-se na diferença de solubilidade das proteínas, pelo menos quatro classes podem ser diferenciadas: albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas. As glutelinas e prolaminas são, na maioria dos cereais (arroz, centeio, cevada, milho, sorgo e trigo), os componentes mais abundantes das proteínas, em tomo de 80 a 90%, enquanto que as albuminas e globulinas contribuem, nestas espécies referidas, com menores percentuais, em tomo de 20% ou menos. Na aveia, entretanto, as globulinas são as predominantes, representando em tomo de 56% da proteína de reserva (Bewley & Black, 1985).

De acordo com Mayer & Poljakoff-Mayber (1978), a divisão das proteínas de armazenamento em prolaminas e glutelinas é arbitrária, dado o método de obtenção, sendo, portanto, mais interessante referir-se às proteínas bem conhecidas, cujas propriedades estão bem investigadas. Desta forma, no caso das prolaminas tem-se a gliadina no trigo, hordeína na cevada, a zeína no milho, a kafirina no sorgo, a avenina na aveia e a orizina no arroz, enquanto para as glutelinas, existe a glutenina no trigo, a hordenina na cevada e a orizinina no arroz.

Nas dicotiledôneas, as prolaminas, em muitos casos, estão ausentes ou em baixo teor, enquanto as glutelinas ocorrem em níveis superiores. As globulinas são, nas leguminosas, as principais proteínas armazenadas, representando acima de 70% do total de N da semente (Bewley & Black, 1985). Estas proteínas estão bem definidas para estas espécies, das quais as principais são a legumina e a vicilina. A glicinina na soja, a araquina e a conaraquina no amendoim e a faseolina, no feijão, são globulinas específicas.

Yazdi-Samadi et al. (1977) observaram que havia também variações no teor dos aminoácidos durante o desenvolvimento da semente, havendo alguns que aumentaram

(como exemplo: serina, valina e isoleucina) e outros que diminuíram (histidina e alanina), em função da cultivar estudada.

As proteínas de reserva encontram-se normalmente depositadas, em organelas celulares denominadas corpúsculos de proteína. O diâmetro dessa organela varia de 0,1 a 25µm (Bewley & Black, 1985) e é envolvida, pelo menos durante o seu desenvolvimento, por uma membrana simples. Estes corpúsculos podem ocorrer em todo embrião ou endosperma ou, outras vezes, restringem-se a uma camada (camada de aleurona). Têm sido às vezes denominados de grãos de aleurona, termo este, não aceito por todos. Além das proteínas anteriormente referidas, outras podem ocorrer, como os fatores de hemaglutinação (glicoproteínas), também conhecidas como fitohemaglutinas (lecitinas), presentes em sementes de trigo (Simmonds & Orth, 1973) e de outras leguminosas (Zucas et al., 1972), que constituem problemas na alimentação animal.

No desenvolvimento das sementes de plantas superiores, o retículo endoplasmático (RE) é o local de síntese das proteínas, que são, posteriormente, transportadas até seu local de acúmulo, os vacúolos de reservas chamados de corpos protéicos. Esses corpos são vesículas derivadas do retículo endoplasmático rugoso, como no milho, ou vacúolos de acúmulo de proteínas, como na maioria das espécies, nos quais as proteínas são depositadas durante a maturação da semente em um estado osmoticamente inativo.

Nas sementes de dicotiledôneas, os cotilédones são os principais locais onde ocorre o acúmulo de proteínas (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989; Müntz, 1998; Müntz et al., 2001; Buckeridge et al., 2004b). A síntese e a deposição dessas proteínas estão sujeitas a uma regulação espacial e temporal, sendo que, em cada espécie podem aparecer em diferentes estádios do desenvolvimento (Herman & Larkins, 1999).

Segundo Bewley & Black, 1994, a hidrólise das proteínas em seus aminoácidos constituintes é feita por uma classe de enzimas, chamadas proteases, que podem ser categorizadas de acordo com a maneira de ação sobre os substratos em que elas atuam, sendo: (1) endopeptidases, que clivam as ligações peptídicas internas para originarem cadeias polipeptídicas menores; (2) aminopeptidases, que realizam a hidrólise sequencialmente a partir do último aminoácido na extremidade do terminal amino da cadeia, um a um; e (3) carboxipeptidases, que realizam função semelhante a das aminopeptidases, porém, a partir da extremidade do terminal carboxila da proteína. Estas duas últimas são consideradas exopeptidases.

Os aminoácidos resultantes da hidrólise das proteínas são convertidos a amidas (glutamina e asparagina), que são formas transportadas para o eixo embrionário

emcrescimento. A transformação dos aminoácidos resultantes das hidrólises das proteínas de reserva em amidas é realizada, principalmente, pela enzima asparagina sintetase (Buckeridge et al., 2004b).

O estudo da germinação de sementes é importante tanto sob o ponto de vista econômico, visando à utilização dos compostos industrialmente, quanto do ponto de vista biológico, para o puro conhecimento da espécie, conhecimento este que pode ser aplicado para diversos fins, como na sua própria preservação em banco de sementes, onde os tipos de reserva podem influenciar na sua preservação (Touchell & Dixon, 1994).

### **3.4. Utilização de extratos aquosos na alelopatia**

Segundo Mano (2006), o estudo dos mecanismos relacionados ao controle de plantas invasoras através do uso de extratos aquosos de plantas assume maior importância na medida em que as limitações econômicas e ecológicas ao uso de herbicidas aumentam. Uma das principais formas pelas quais os extratos aquosos de plantas com propriedades alelopáticas afetam outras plantas é pela inibição da germinação, visto que as sementes são excelentes organismos para bioensaios, pois, quando são reidratadas elas entram no processo de germinação, sofrem rápidas mudanças fisiológicas e tornam-se altamente sensíveis ao estresse ambiental. Este efeito é avaliado através de experimentos de laboratório, que consistem na aplicação de extratos aquosos das plantas avaliadas sobre as sementes de plantas invasoras provenientes da área de estudo.

Segundo Sousa Filho et al. (1997), algumas leguminosas utilizadas como coberturas apresentam efeito inibitório através de substâncias químicas liberadas no solo pela sua decomposição reduzindo a germinação de certas plantas invasoras.

O efeito de extratos aquosos de folhas de *Caesalpinia pluviosa* DC. (Caesalpinaceae), *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Caesalpinaceae), *Mimosa artemisiana* (Mimosaceae), *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr. (Mimosaceae), *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard (Fabaceae) e *Erythrina speciosa* Andrews (Fabaceae) foi avaliado sobre a germinação e desenvolvimento radicial de alface (*L. sativa* cv. Grand Rapids). A maioria das espécies testadas inibiu o desenvolvimento radicial de alface, mas apenas *M. artemisiana* afetou sua germinação (Soares et al., 2002, citados por Mano, 2006).

Jacobii & Ferreira (1991) estudaram os efeitos alelopáticos de frutos e folhas de maricá (*Mimosa bimucronata* DC.) na germinação das sementes e crescimento das radículas de alface, arroz, cenoura, chicória, couve, pepino, repolho e tomate. Verificaram

que os frutos maduros não inibiram a germinação, porém, os verdes inibiram o crescimento da radícula e os extratos das folhas secas inibiram a germinação de alface, cenoura, chicória e tomate e o crescimento radicial foi inibido nas oito espécies testadas.

Medeiros et al. (1990) estudaram os efeitos alelopáticos de algumas gramíneas e leguminosas e verificaram que a aveia (*Avena sativa* L.) e o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) podem ser utilizados como culturas de cobertura vegetal com propriedades alelopáticas, que além da redução de plantas daninhas fornecem matéria orgânica para a incorporação.

### **3.5. Cumarina**

Segundo Medeiros (1990), atualmente são conhecidas mais de dez mil substâncias fitoquímicas com potencial alelopático, pertencentes aos mais variados grupos químicos. Dentre eles estão os ácidos fenólicos, as cumarinas, os terpenóides, flavonóides, alcalóides e os alcalóides cianogênicos.

A cumarina é um composto fenólico inibidor natural da germinação, amplamente conhecido, com amplo espectro de ocorrência. Além de seus efeitos como inibidora da germinação (Berrie et al., 1968; Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975), afeta também outros processos fisiológicos (Knypl, 1960, 1971; Thiman, 1969).

A ação da cumarina tem sido também estudada por muitos autores e resume-se, principalmente, na sua capacidade de induzir à dormência de sementes sensíveis à luz vermelha (Toole et al., 1965) e nos seus efeitos sinérgicos com promotores e inibidores de crescimento (Knypl, 1969).

Perez & Moraes (1991) estudaram o efeito da cumarina e de sua interação com a giberelina na germinação de sementes de *Prosopis juliflora* (Sw) D.C. e concluíram que a adição de cumarina no meio germinativo acarretou na redução da porcentagem e velocidade de germinação, sendo que a 10,0 mM nenhuma semente germinou, assim como, a aplicação de giberelina atenuou parcialmente os efeitos inibitórios da cumarina na germinação, até a concentração de 5,0 mM.

### **3.6. Caracterização Botânica da *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith**

Pertencente à família Fabaceae a *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith (**Figura 2**) é popularmente conhecida como cumaru, amburana de cheiro e cumaru-do-Ceará, apresenta porte regular, podendo atingir até 10 m de altura nas regiões da caatinga (Corrêa, 1978; Lorenzi, 1992) e até 20 m na zona da mata (Lorenzi, 1992).



Ocorre naturalmente do nordeste ao Brasil Central, em regiões de caatinga, na floresta pluvial de Minas Gerais e no Vale do Rio Doce (Braga, 1976; Corrêa, 1978; Lorenzi, 1992). De acordo com Tigre (1968), a espécie pode ser recomendada para trabalhos visando recuperação de áreas degradadas.

É uma árvore silvestre e sua vagem alada e quase preta, quando madura, contém uma semente achatada manchada de marrom e branca, oleaginosa, de cheiro forte cumarínico e agradável (Leal, 1995). A madeira é amplamente empregada em serviços de movelaria e marcenaria e as sementes, em função do odor agradável exalado, são utilizadas para perfumar roupas (Lorenzi, 1992). As sementes são utilizadas, ainda, na medicina caseira como antiespasmódicas, emenagogas e para o tratamento de doenças reumáticas (Tigre, 1968; Braga, 1976).



**Figura 2.** *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith popularmente conhecida como cumaru.

Segundo Matos et al. (2004), as cascas e sementes são utilizadas com frequência na medicina popular como antiespasmódicas, emenagogas e nas afecções do aparelho respiratório, indicadas no tratamento de bronquites, asma, gripes e resfriados. Dos seus constituintes ativos, a cumarina está em maior proporção.

Cunha & Ferreira (2003) estudaram os aspectos morfológicos da semente e o desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith e classificaram a semente como sendo estenospérmica (Beltrati, 1992), com forma variando entre elíptica, oblonga e ovóide e de acordo com Gunn (1981), é levemente comprimida. O tegumento apresenta textura lenhosa sendo a testa de coloração marmoreada, rugosa e opaca. O comprimento da semente varia de 12,55 a 17,55 mm e a largura varia de 8,35 a 11,50 mm.

A presença de raiz tuberosa em *A. cearensis* foi observada por Feliciano (1989) e de acordo com Laboriau (1964), a presença de raiz tuberosa torna a espécie capaz de resistir às condições adversas do meio. Segundo Rizzini (1965), tal estrutura constitui-se numa estratégia adaptativa que tem alto poder de rebrotamento, quando ocorre algum dano na parte aérea.

### **3.7. Caracterização Botânica da *Lactuca sativa* L. (Alface)**

É uma planta herbácea, muito delicada, com caule diminuto não ramificado. As folhas são muito grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de “cabeça”, estando presas ao caule (Figueira, 1982).

Ferreira & Áquila (2000) afirmam que a *Lactuca sativa* L. é a planta-teste mais comum para estudar a alelopatia, devido a sua sensibilidade aos metabólitos secundários que funcionam como aleloquímicos, bem como ao pequeno período requerido para a sua germinação e crescimento.

Os efeitos dos produtos potencialmente aleloquímicos são basicamente testados em alface, que é considerada como planta teste, sendo a mais utilizada para examinar alelopatia devido a sua sensibilidade aos metabólitos secundários que funcionam como aleloquímicos, bem como ao pequeno período requerido para a sua germinação (24 a 48 horas) e para o seu crescimento (Ferreira & Áquila, 2000).

### **3.8. Caracterização Botânica de *Bidens pilosa* L. (Picão-preto)**

É vulgarmente conhecida como picão-preto. A espécie *B. pilosa* L. é originária da América tropical, com maior ocorrência na América do Sul. Atualmente é uma planta

disseminada por todo o território nacional sendo que a maior incidência está nas áreas agrícolas do centro-sul do Brasil e é considerada como uma das piores infestantes de culturas anuais (Kissmann & Groth, 1995). Apesar da baixa capacidade competitiva das plantas individuais, essa espécie se desenvolve em altas densidades nas áreas cultivadas, o que possibilita grande capacidade competitiva (Akobundu, 1987).

Lorenzi (2000) descreve o picão-preto como uma espécie de ciclo anual, herbácea, ereta, com altura entre 40 a 120 cm, propagada via semente, de ciclo curto e com capacidade de produzir até três gerações por ano. As folhas são glabras, inteiras ou lobadas, sendo as superiores eventualmente internas, de 5 a 10 cm de comprimento. O fruto é um aquênio linear-tetragonal de 5 à 9 mm de comprimento, coloração marrom-escura e com extremidade superior provida de 2 a 3 aristas.

Sua inflorescência é integralmente amarela e seus frutos, quando maduros, apresentam coloração enegrecida e seus papus transformados em cerdas rijas que facilmente aderem ao pelo dos animais e as roupas do homem que as disseminam (Aranha et al., 1988).

Embora no gênero *Bidens* existam diversas espécies ornamentais, a *Bidens pilosa* é conhecida em todo o mundo por ser uma invasora bastante agressiva. Presente em quase todos os continentes sendo considerada planta daninha, principalmente, em culturas anuais como soja, milho, algodão entre outras, sendo bastante comum em regiões de clima tropical e subtropical. É uma espécie de difícil controle apresentando propriedades antibacteriana, antidesintérica, anti-inflamatória, hepatoprotetora, antimicrobiana, diurética e emoliente (Cruz et al., 2000).

O picão-preto é extremamente prolífico: uma única planta pode produzir milhares de sementes. Uma curiosidade é que essas plantas distribuem a floração no tempo, ou seja, a floração se mantém, aproximadamente, 60 dias e é possível encontrar inflorescências jovens e maduras no mesmo indivíduo. Outro ponto chave é que o picão-preto é hospedeiro de algumas doenças fúngicas como o oídio e pragas como o pulgão.

O controle, geralmente, é realizado com aspersão de herbicidas, mesmo assim, o controle cultural preventivo jamais deve ser descartado, principalmente, em áreas ainda não invadidas. Já se conhece diversos biotipos de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) resistente há vários herbicidas utilizados, de forma que o controle se torna cada vez mais restrito. Não se deve permitir a floração a fim de evitar a produção de sementes, que por sua vez não são consideradas longevas.

### **3.9. Caracterização Botânica de *Cenchrus echinatus* L. (Carrapicho)**

Planta anual herbácea, é originária da América tropical, muito comum nas áreas agrícolas do Estado de São Paulo e Estados limítrofes, bem como, na região nordeste. Sua reprodução é exclusivamente por sementes, cujo pericarpo é liso de coloração castanho-alaranjado e com o embrião dorso-basal quase preto. Cada invólucro pode conter de 1 a 6 cariopses, das quais apenas a maior é mais vigorosa. Possui alta capacidade de infestação devido ao seu tipo de infrutescência que facilmente adere-se ao pelo de animais e diversos tipos de superfície, sendo bastante disseminado (Aranha et al., 1988). No Brasil, se destaca por ser uma cultura altamente competitiva em muitas culturas anuais, com seus espinhos dificultando a colheita (Kissman, 1991).

### **3.10. Bioensaios na alelopatia**

Os procedimentos usados para avaliar o potencial de atividade alelopática são os bioensaios, nos quais podem ser avaliados parâmetros globais como germinação, crescimento e desenvolvimento das plântulas ou plantas adultas e parâmetros mais específicos como a atividade de alguns processos fisiológicos, como por exemplo fotossíntese, respiração, conteúdo de clorofila, entre outros (Souza-Filho & Alves, 2002).

A germinação de sementes é o parâmetro mais utilizado nos bioensaios de alelopatia (Rice, 1984). Além disso, a resposta do crescimento das plântulas é bastante utilizada para comprovar os efeitos alelopáticos em laboratório e, assim, ajudar a conhecer as características fisiológicas e biológicas que envolvem o mecanismo de ação alelopática. O sistema radicular foi apontado como sendo um dos indicativos mais sensíveis nas respostas de crescimento de plântulas receptoras (Jacobi & Ferreira, 1991; Souza Filho et al., 1997; Miro et al., 1998).

Bioensaios laboratoriais constituem uma parcela significativa das pesquisas em alelopatia e vários deles têm sido propostos para comprovar a alelopatia sob condições controladas de laboratório (Inderjidt & Dakshini, 1995).

Para a constatação de potencialidades alelopáticas os bioensaios são de grande importância, pois por meio deles se consegue controlar parâmetros relacionados à temperatura, disponibilidade de água, inibição de plantas daninhas, que aliados ao conhecimento das espécies são de fundamental importância para o sucesso dos sistemas agroflorestais que enfatizam o uso sustentável da Terra (Rizvi et al., 1999).

## 4. CAPÍTULO 1

**Influência alelopática dos extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) em condições de laboratório e casa de vegetação**

**Influência alelopática dos extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) em condições de laboratório e casa de vegetação.**

Rozeli Aparecida Zanon Felix e Elizabeth Orika Ono

**RESUMO** - O presente estudo avaliou o efeito de extrato aquoso de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) em condições de laboratório e sobre a taxa de emergência de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) em condições de casa de vegetação. Os bioensaios foram conduzidos em câmara de germinação do laboratório de germinação e em casa de vegetação do Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu (SP), utilizando os seguintes tratamentos, T1: Testemunha (H<sub>2</sub>O destilada); T2: Cumarina 100 mg L<sup>-1</sup>; T3: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido); T4: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido); T5: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado); T6: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado). Sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) foram semeadas em gerbox transparentes contendo duas folhas de papel filtro, umedecidas com 7 mL dos tratamentos e cobertas com uma folha de papel filtro umedecida com mais 3 mL dos tratamentos. Em casa de vegetação as sementes de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) foram semeadas em vasos pretos de plástico com capacidade de 1 L, diâmetro inferior de 9,5 cm, superior de 12,5 cm e altura de 13 cm. A terra dos vasos foi umedecida com água e logo em seguida as sementes foram semeadas e receberam tratamento de 10 mL do extrato para cada tratamento e mantida a umidade com água destilada sempre que necessário em casa de vegetação. Os extratos de *A. cearensis* nas concentrações utilizadas inibiram 100% da germinação de sementes e 100% da emergência de plântulas das espécies testadas. Os resultados obtidos indicam que o extrato aquoso de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith apresenta potencial alelopático e é efetivo no controle de plantas daninhas. Estes resultados mostram a possibilidade de utilização do extrato aquoso de sementes de *A. cearensis* no controle alelopático de plantas invasoras na cultura agrícola.

**Palavras-chave:** Alelopatia; Germinação; Plantas invasoras; Emergência de plântulas.

**Allelopathic Influence of seed extract of *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith on the germination of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.), beggar-ticks (*Bidens pilosa* L.) and burr (*Cenchrus echinatus* L.) in laboratory and greenhouse conditions.**

Rozeli Aparecida Zanon Felix and Elizabeth Orika Ono

**ABSTRACT** - The actual study evaluated the effect of aqueous extract of *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith on the germination of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.), beggar-ticks (*Bidens pilosa* L.) and burr (*Cenchrus echinatus* L.) under laboratory conditions and on the rate of plantule emergence of beggar-ticks (*Bidens pilosa* L.) and burr (*Cenchrus echinatus* L.) under greenhouse conditions. The bioassays were conducted in a germination chamber of the germination laboratory and in the greenhouse of the Botany Department, of the Institute of Biosciences of Botucatu, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu (SP) using the following treatments, T1: Evidence (distilled H<sub>2</sub>O); T2: Coumarin 100mg L<sup>-1</sup>; T3: 20g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> distilled H<sub>2</sub>O (boiled extract); T4: 40g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> distilled H<sub>2</sub>O (boiled extract); T5: 20g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> of distilled H<sub>2</sub>O (ground extract); T6: 40g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> of distilled H<sub>2</sub>O (ground extract). Seeds of lettuce (*Lactuca sativa* L.), beggar-ticks (*Bidens pilosa* L.) and burr (*Cenchrus echinatus* L.) were sown in transparent germination boxes containing two sheets of filter paper, moistened with 7 mL of the treatments and covered with a sheet of filter paper moistened with 3 mL of the treatments. In the greenhouse the seeds of beggar-ticks (*Bidens pilosa* L.) and burr (*Cenchrus echinatus* L.) were grown in black plastic vases with a capacity of 1 L, 9.5 cm base diameter, 12.5 cm high diameter and a height of 13 cm. The vase soil was moistened with water and soon the seeds were sown and received 10 mL of the extract for each treatment and the moisture was kept with distilled water whenever necessary. The seeds were kept at home of the greenhouse. The extracts of *A. cearensis* concentrations used inhibited 100% of the germination of the seeds and 100% of the plantule emergence of the tested species. The results indicated that the aqueous extract of *Amburana cearensis* seeds (Fr. All) Smith has allelopathic potential and is effective in controlling weeds. These results show the possibility of using the aqueous extract of seeds of *A. cearensis* allelopathic in the control of invasive plants in agriculture.

**Keywords:** Allelopathy; Germination; Invasive plants; Seedling emergence.

## 4.1. INTRODUÇÃO

Em 1937 o termo alelopatia foi proposto por Hans Molish, palavra derivada do latim *Allelon*= de um para o outro, *pathos*= prejuízo, para referir-se às interações bioquímicas entre todos os tipos de plantas e inclusive entre micro-organismos. Anos depois, o mesmo autor redefiniu o termo alelopatia como sendo “qualquer efeito, direto ou indireto, danoso ou benéfico que uma planta (incluindo micro-organismos) exerce sobre outra pela produção de compostos químicos liberados no ambiente” (Rice, 1984).

A Sociedade Internacional de Alelopatia foi criada em 1996 e definiu o termo como a “ciência que estuda qualquer processo envolvendo, essencialmente, metabólitos secundários produzidos por plantas, algas, bactérias e fungos que influenciam o crescimento e desenvolvimento de sistemas agrícolas e biológicos, incluindo efeitos positivos e negativos” (Macias et al., 2000).

Os aleloquímicos de plantas são liberados no ambiente através das raízes, tronco e folhas ou na decomposição do material vegetal. Atualmente, tem-se aumentado o interesse na exploração da alelopatia como alternativa estratégica, principalmente, para o controle de ervas daninhas, insetos e doenças.

Diversas classes de substâncias naturais como, taninos, glicosídeos cianogênicos, alcalóides, sesquiterpenos, flavonóides e ácidos fenólicos possuem atividade alelopática (King & Ambika, 2002). Alguns autores afirmam que a ação das substâncias aleloquímicas não é muito específica, podendo uma mesma substância desempenhar várias funções, dependendo de sua concentração e composição química (Richardson & Williamson, 1988).

Os compostos alelopáticos podem afetar processos, tais como a germinação das sementes e o crescimento das plântulas, a assimilação de nutrientes, fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, atividade de várias enzimas e a perda de nutrientes pelos efeitos na permeabilidade da membrana celular, sendo alguns efeitos mais importantes do que outros e o centro de ação destas se localiza na membrana plasmática provocando interrupção da maioria dos processos que estão conectados, interligados e interdependentes, entre estes a respiração e absorção de água (Durigan & Almeida, 1993; Rodrigues et al., 1993; Einhellig, 1995).

Muitas substâncias apontadas como alelopáticas estão também relacionadas com funções de proteção ou defesa das plantas contra o ataque de micro-organismos e insetos (Santamaria, 1999).



Desde muito se sabe que algumas espécies de plantas podem prejudicar o desenvolvimento de outras que crescem em sua proximidade. Nas comunidades vegetais, as plantas podem interagir de maneira positiva, negativa ou neutra. É mais comum que plantas vizinhas interajam de maneira negativa, de modo que a emergência e/ou o crescimento de uma ou de ambas são inibidos (Oliveira et al., 2002).

Um dos principais problemas enfrentados pelos agricultores é a presença de plantas daninhas na lavoura. Nos locais onde se pratica agricultura intensivamente, ocorrem modificações na população destas plantas, passando a predominar as espécies que melhor se adaptam àquelas condições (Favero et al., 2001). A interferência dessas plantas nas culturas de interesse comercial se dá devido à competição por água, luz, CO<sub>2</sub> e nutrientes e também pelo efeito alelopático, provocando a redução qualitativa e quantitativa na produção (Bianchi, 1995).

As plantas daninhas também são apontadas como responsáveis por prejuízos significativos à agricultura. Estes prejuízos são, principalmente, devido à competição direta por recursos como água, luz, espaço e nutrientes. Porém, podem ainda gerar prejuízos indiretos às culturas agrícolas. Plantas daninhas podem ser hospedeiras alternativas de pragas, doenças ou vetores de doenças de culturas, dificultam a colheita em determinadas situações e podem também interferir quimicamente por ação alelopática ou não nestas culturas.

Segundo Ferreira et al. (2007), o método de controle mais utilizado para plantas daninhas é o químico, pois se a eliminação for mecânica pode-se esperar uma nova geração em poucos dias, visto que a aração do solo traz à superfície, sementes com condições de germinar. No entanto, ocorrem biotipos, alguns dos quais resistentes a determinados herbicidas (Kissmann, 1997). Além disso, o controle químico apresenta elevado impacto ambiental, risco de intoxicação humana e possibilidade de causar fitotoxicidade às culturas. Esses fatores justificam a realização de estudos para identificar práticas de manejo que reduzam a utilização de produtos químicos, tais como práticas culturais fundamentadas na alelopatia (Balbinot-Junior, 2004).

Essas substâncias alelopáticas estão implicadas numa grande diversidade de efeitos nas plantas. Esses efeitos incluem atraso ou inibição completa da germinação de sementes, crescimento paralisado, injúria no sistema radicular, clorose, murcha e morte das plantas (Souza Filho & Alves, 2003).

A técnica do plantio direto pode inibir ou estimular o crescimento da cultura seguinte (Rice, 1984) e o grau de inibição do crescimento de uma planta sobre a outra é

promovido por fitotoxinas liberadas pela cultura durante o seu crescimento ou pela decomposição da cultura ou resíduos de plantas daninhas deixadas no campo (Putnam & Tang, 1986; Hedge & Miller, 1990). Assim, o estudo dos efeitos de espécies que contém princípios alelopáticos torna-se importante para a agricultura, para prevenir perdas na produção da cultura.

Segundo Matos et al. (1992), as cascas e sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith, são utilizadas com frequência na medicina popular como antiespasmódicas, emenagogas e nas afecções do aparelho respiratório, indicadas no tratamento de bronquites, asma, gripes e resfriados. Dos seus constituintes ativos, a cumarina está em maior proporção.

A cumarina é um composto fenólico inibidor natural da germinação, amplamente conhecido, com amplo espectro de ocorrência. Além de seus efeitos como inibidora da germinação (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975), afeta também outros processos fisiológicos (Knypl, 1960, 1971; Thiman, 1969).

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos alelopáticos de extratos aquosos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith, em condições de laboratório e casa de vegetação sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) em diferentes concentrações para evidenciar o efeito alelopático desses extratos sobre o processo germinativo das sementes.

## **4.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1. Local do experimento**

O presente estudo foi realizado em câmara de germinação do laboratório de germinação e em casa de vegetação do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu//SP.

### **4.2.2. Espécies testes**

Foram utilizadas sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) como sementes testes em condições de laboratório e sementes de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) como sementes testes em condições de casa de vegetação.

#### 4.2.3. Obtenção dos extratos

Sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith foram obtidas da região semiárida do Nordeste brasileiro (Petrolina, PE). Estas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até peso constante e moídas em moinho tipo Wiley com peneira de malha de 20 mesh.

Com o material moído das sementes foram preparados dois tipos de extratos: o extrato aquoso, no qual o moído das sementes foi fervido durante 5 minutos e resfriado em temperatura ambiente e o extrato triturado, no qual o moído das sementes foi mantido em água destilada durante 5 minutos.

Após a extração do possível aleloquímico, os extratos foram filtrados em papel filtro e o volume completado para 1 L com água destilada, sendo os extratos armazenados em geladeira até o momento de sua utilização.

#### 4.2.4. Tratamentos

Para verificar o efeito do extrato de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith na germinação de sementes de alface, picão-preto e carrapicho em condições de laboratório e na emergência de plântulas de picão-preto e carrapicho em condições de casa de vegetação, foram utilizados os seguintes tratamentos:

T1: Testemunha (H<sub>2</sub>O destilada)

T2: Cumarina 100 mg L<sup>-1</sup>

T3: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido)

T4: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido)

T5: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado)

T6: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado)

O tratamento com cumarina foi utilizado como testemunha para comparação com o comportamento da germinação apresentada com o extrato de sementes de *Amburana cearensis*, uma vez que, a literatura relata presença desse composto fenólico nesse órgão.

#### 4.2.5. Instalação e condução do experimento em câmara de germinação

Sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) foram semeadas em gerbox transparentes contendo duas folhas de papel filtro, umedecidas com 7 mL dos tratamentos e cobertas com uma folha de papel filtro umedecida com mais 3 mL dos tratamentos. No dia posterior à semeadura, as

sementes ainda foram umedecidas com as soluções dos tratamentos, mas após esse período, a umidade foi mantida com água destilada sempre que necessário. As sementes foram mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D., modelo Fanem, à 25°C sob luz constante.

#### **4.2.6. Instalação e condução do experimento em casa de vegetação**

Sementes de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) foram semeadas em vasos pretos de plástico (1cm) com capacidade de 1 litro, diâmetro inferior de 9,5 cm, superior de 12,5 cm e altura de 13 cm. A terra dos vasos foi umedecida com água e logo em seguida as sementes foram semeadas e receberam 10 mL do extrato para cada tratamento.

No dia posterior à semeadura, as sementes ainda foram umedecidas com os extratos e após esse período, a umidade foi mantida com água destilada sempre que necessário. As sementes foram mantidas em casa de vegetação sob sombrite 70% a temperatura ambiente.

#### **4.2.7. Características avaliadas**

Em condições de laboratório foram avaliados os efeitos dos extratos sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) observando a porcentagem de germinação de sementes (%G), realizada através da contagem diária do número de sementes germinadas, considerando-se como semente germinada aquela que apresentava 1mm de radícula, durante 7 dias após a semeadura, segundo Regras para Análises de Sementes (Brasil, 1992).

Em condições de casa de vegetação foram avaliados os efeitos dos extratos sobre a emergência de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) sobre a taxa de emergência das plântulas (%E), realizada através da contagem diária do número de plântulas emergidas, durante 7 dias após a semeadura.

Nas soluções dos extratos foram analisados os teores de açúcares solúveis totais, flavonóides totais e fenóis totais. A determinação de açúcares solúveis totais foi realizada pelo método de Dubois et al. (1956), as determinações de flavonóides totais pelo método espectrofotométrico adaptado de Santos & Blatt (1998) e Awad et al. (2000) e os de fenóis totais pelo método espectrofotométrico com o uso do reativo de Folin-Ciocalteu (Horwitz, 1995).

#### 4.2.8. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 4 repetições de 30 sementes para cada tratamento em laboratório e com 6 tratamentos e 4 repetições de 10 sementes espécie teste em casa de vegetação

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), tratadas com 20 e 40 g de sementes moídas de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith em extrato aquoso fervido ou triturado, em condições de laboratório avaliado durante 7 dias (**Tabela 1**). Assim, esta espécie apresenta efeito alelopático inibitório nas concentrações utilizadas, inibindo completamente a germinação das sementes testes.

**Tabela 1-** Porcentagem total de germinação (%G) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) tratadas com cumarina, extratos aquosos, fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith em condições de Laboratório, aos diferentes dias após a semeadura. Botucatu/SP, 2011.

Tratamentos	%G		
	alface	picão	carrapicho
T1: Testemunha H <sub>2</sub> O destilada	97,8	99,2	88,9
T2: Cumarina 100 mg L <sup>-1</sup>	1,1	4,4	2,2
T3: 20g semente moída <i>A. cearensis</i> L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O destilada (extrato fervido)	0	0	0
T4: 40g semente moída <i>A. cearensis</i> L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O destilada (extrato fervido)	0	0	0
T5: 20g semente moída <i>A. cearensis</i> L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O destilada (extrato triturado)	0	0	0
T6: 40g semente moída <i>A. cearensis</i> L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O destilada (extrato triturado)	0	0	0

Esses resultados sugerem o efeito alelopático dos extratos de sementes de *A. cearensis* sobre a germinação destas espécies, podendo ser explicado pela presença de fenóis, quercetina e rutina nos extratos utilizados (**Tabela 2**).

Os resultados da **Tabela 2** indicam também que a alta temperatura da água no preparo dos extratos não promoveu a degradação de compostos fenólicos, como os fenóis totais, quercetina e rutina analisados. Ao contrário, observa-se aumento de aproximadamente 4 vezes no teor de rutina e quercetina. Esses compostos podem ser os responsáveis pelo efeito alelopático dos extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith.

**Tabela 2-** Teores de Fenóis, Quercetina e Rutina nos extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith. Botucatu/SP, 2011.

TRATAMENTO	FENÓIS(µg/100 g)	QUERCETINA (µg/100 g)	RUTINA (µg/100 g)
T3: 20g triturado	4,39* c	5,17 d	21,64 d
T4: 40g triturado	8,43 a	16,93 c	49,05 c
T5: 20g fervido	6,32 b	42,79 b	109,32 b
T6: 40g fervido	7,72 a	53,66 a	134,66 a
C.V. (%)	5,71	4,99	4,37
D.M.S.	1,08	4,18	9,72

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Perez & Moraes (1991), estudando o efeito da cumarina na germinação de sementes de *Prosopis juliflora* (Sw) D.C., também verificaram que a adição deste composto fenólico no meio germinativo acarreta na redução da percentagem de germinação, corroborando com os resultados do presente estudo.

Nas plântulas originadas do tratamento com cumarina foi possível observar necrose radicular e prejuízo no desenvolvimento, ao longo do período de avaliação. Os efeitos alelopáticos foram observados tanto sobre a germinação como sobre o desenvolvimento e crescimento das plântulas. Resultados similares foram encontrados anteriormente por Medeiros & Luckesi (1993), Souza Filho et al. (1997) e Souza Filho & Alves (2000).

Esses resultados também corroboram com os encontrados por Colpas et al. (2003), trabalhando com vários compostos secundários, entre eles, a cumarina, composto presente em *Mikania glomerata*, que evidenciaram forte atividade inibitória sobre a germinação de sementes de soja (Ferreira & Borghetti, 2004).

A taxa de emergência de picão-preto e carrapicho também foi afetada pelos extratos aquosos fervidos e triturados de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith. e pela cumarina (**Tabela 3**). A taxa de emergência de ambas as espécies em todas as concentrações avaliadas foi totalmente inibida em condições de casa de vegetação. Assim, pode-se confirmar o poder alelopático dos extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith sobre a germinação e emergência de plântulas destas espécies.

**Tabela 3-** Taxa de emergência de plântulas (%E) de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L) tratadas com extratos aquosos, fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith em condições de casa de vegetação. Botucatu/SP, 2011.

	% E
--	-----

Tratamentos	picão	carrapicho
T1: Testemunha H <sub>2</sub> O destilada	90,0	80,0
T2: Cumarina a 100 mg L <sup>-1</sup>	0	0
T3: 20g semente moída de <i>A. cearensis</i> L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O destilada (extrato fervido)	0	0
T4: 40g semente moída de <i>A. cearensis</i> L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O destilada (extrato fervido)	0	0
T5: 20g semente moída de <i>A. cearensis</i> L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O destilada (extrato triturado)	0	0
T6: 40g semente moída de <i>A. cearensis</i> L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O destilada (extrato triturado)	0	0

Souza et al. (2007) obtiveram resultados semelhantes ao tratarem sementes de alface com extrato de aroeira nas mesmas concentrações e condições de fervido preparo. Porém, observaram que houve percentual de germinação em ambas as condições, fervido e não fervido.

Almeida et al. (2008) verificaram que extratos aquosos de *Croton sonderianus* promoveram redução na porcentagem de germinação e germinabilidade de *Cassia tora* (fedegoso).

Este resultado é interessante do ponto de vista agrônomo e ecológico porque a inibição na emergência de plantas daninhas pode manter a lavoura livre de competidoras por um período mais prolongado, reduzindo assim, o número de aplicações de herbicidas sintéticos que podem contaminar o subsolo.

Pelos resultados obtidos pode-se sugerir a utilização de extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith no controle alelopático de plantas daninhas na cultura agrícola. Estudos com outras espécies daninhas deverão ser desenvolvidos para melhor elucidar esta hipótese.

#### 4.4. CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho indicam que extratos aquosos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith nas concentrações de 20 e 40 g de material moído de sementes L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O inibem a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.).

Os extratos foram efetivos no controle da emergência de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) em condições de casa de vegetação.

Com os resultados do presente trabalho sugere-se que extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith tem forte potencial alelopático sobre a germinação de sementes e emergência das plântulas estudadas.

#### 4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. M. A.; ALBUQUERQUE, M. B; SANTOS, R. C., MELO FILHO, P. A. **Avaliação do potencial alelopático do *Croton sonderianus* em sementes de *Cassia tora*.** In: JORNADA EM ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, 8., Recife-PE, **Anais...** Recife:UFRPE, 1 CD-ROM, 2008.

AWAD, A.M.; JAGER, A. DE; WESTING, L.M.V. **Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation.** *Scientia Horticulturae*, v.83, 2000.

BALBINOT-JUNIOR, A. A. Manejo das plantas daninhas pela alelopatia. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 17, n. 1, 2004.

BIANCHI, M. A. **Programa de difusão do manejo integrado de plantas daninhas em soja no Rio Grande do Sul: 1994/95.** Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Produção Vegetal.** Regras para análise de sementes. Brasília, 365p., 1992.

COLPAS, F.T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Effects of some phenolic compounds on soybean seed germination and on seed-borne fungi. **Brazilian Archives Biology and Technology**, v.46, n.2, 2003.



DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, n.3, 1956.

DURIGAN, J. C.; ALMEIDA, F. S. **Noções sobre a alelopatia**. Boletim Técnico. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 28 p., 1993.

EINHELLIG, F. A. **Plant x plant allelopathy: biosynthesis and mechanism of action**. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 1995, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1995.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da. **Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 11, 2001.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed, 2004.

FERREIRA, M. C.; SOUZA, J. R. P.; FARIA, T. J. **Potenciação alelopática de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de Picão-Preto e Alface**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 31, n. 4, 2007.

HEGDE, M.H.; MILLER, D.A. **Allelopathy and autotoxicity in alfafa: characterization and effects of preceding crops and residue incorporation**. Crop. Sci. 30, 1990.

HORWITZ, H. **Official Method of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemistry**. 8. ed. As.of.Agr.Chem. Washington, 1995.

KING, S. R.; AMBIKA, R. **Allelopathic plants**. 5. *Chromolaen odorata* (L.). **Allelopathy Journal**, 9 (1), 2002

KISSMANN, G. K. **Plantas daninhas e nocivas**. 2. ed. São Bernardo do Campo: BASF Brasileira, tomo 1, 825 p. 1997.

KNYPL, J. S. **Specific inhibitors of RNA and protein synthesis as suppressors of IAA and coumarin induced growth responses.** Acta Societatis Botanicorum Poloniae, v.35, 1960.

KNYPL, J. S. **Control of protein and RNA synthesis by AMO-1618 and other growth retardants in cucumber cotyledons.** Biochem. Physiol. Pflanzen 162, 1971.

MACIAS, F.A., CASTELLANO, D., MOLINILLO, J.M.G. **Search for a standart phytotoxic bioassay for allelochemicals.** Selection of standard target species. **Journal Agricultural and Food Chemistry.** v. 48, n. 6, 2000.

MATOS, F. J. de A.; CRAVEIRO, A. A.; ALENCAR, J. W. et al. **Ácidos graxos de algumas oleaginosas tropicais em ocorrência no Nordeste do Brasil.** Química Nova, v. 15, n. 3, 1992.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds.** 2. ed. Oxford: Pergamon Press Ltda., 1975.

MEDEIROS, A.R.M. & LUCCHESI, A.A. **Efeitos alelopáticos de ervilhaca (*Vicia sativa*) sobre a alface em testes de laboratório.** Pesquisa agropecuária Brasileira, v. 28, 1993.

OLIVEIRA, M. N. S. DE; MERCADANTE, M. O.; LOPES, P. S. N.; GOMES, I. A. C.; GUSMÃO, E.; RIBEIRO, L. M. **Efeitos alelopáticos extratos aquoso e etanólico de jatobá do cerrado.** Unimontes Científica, v.4, n.2, 2002.

PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. **Influência da temperatura, da interação temperatura-giberelina e do estresse térmico na germinação de algarobeira.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.2, n.1, 1990.

PUTNAM, A. R.; TANG, Chung-Shih. *Allelopathy: state of the science.* In: \_\_\_\_ **The Science of Allelopathy.** Toronto: John Wiley & Sons, 1986.

RICHARDSON, D.R. & WILLIAMSON, G.B. **Allelopathic effects of shrubs of the sand pine scrub on pines and grasses of the sand hills.** *Forest Science*, v.34, n.1, 1988.

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

RODRIGUES, L. R. A.; ALMEIDA, A. R. P.; RODRIGUES, T. J. D. **Alelopatia em forrageiras e pastagens.** In: Simpósio sobre ecossistema de pastagens, 2., 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993.

SANTAMARIA, L.M. **Interacción entre organismos: sistemas de defensa.** Berkeley, **Chimera Javeriana**, 22p, 1999.

SANTOS, M.D.; BLATT, C.T.T. **Teor de flavonóides e fenóis totais em folhas de *Pyrostegia venusta* Miers.** de mata e de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, v.21, 1998.

SOUZA FILHO, A. P. S.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. **Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas forrageiras sobre três invasoras de pastagens.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 2, 1997.

SOUZA FILHO, A.P.da S.; ALVES, S.M. **Potencial alelopático de plantas de acapu (*Vouacapoua americana*): efeitos sobre plantas daninhas de pastagens.** *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.18, n.3, 2000.

SOUZA FILHO, A.P. da S.; ALVES, S. de M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 260p, 2003.

SOUZA, et al. **Alelopatia do Extrato Aquoso de Folhas de Aroeira Na Germinação de Sementes de Alface.** Mossoró (RN): *Revista Verde* v. 2, n. 2, 2007.

THIMAN, R. V. **The phisiology of plant growth and development.** New York: Ed. McGraw Hill Book, 1996.

## 5. CAPÍTULO 2

**Influência de extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith sobre o teor de amido, lipídios e proteínas de reserva durante a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) em condições de laboratório**

**Influência de extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith sobre o teor de amido, lipídios e proteínas de reserva durante a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) em condições de laboratório**

Rozeli Aparecida Zanon Felix, Elizabeth Orika Ono

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi investigar as alterações nas reservas de amido, lipídios e proteínas durante o processo germinativo de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), em condições de laboratório, tratadas com extratos aquosos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith. Os bioensaios foram conduzidos no laboratório de germinação do Departamento de Botânica e no laboratório de Bioquímica do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu (SP), utilizando-se os seguintes tratamentos: T1: Testemunha (H<sub>2</sub>O destilada); T2: Cumarina 100 mg L<sup>-1</sup>; T3: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido); T4: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido) ; T5: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado) e T6: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado). Foram semeadas 10 g de sementes de alface em gerbox transparente contendo duas folhas de papel filtro, umedecidas com 7 mL dos tratamentos e cobertas com uma folha de papel filtro umedecidas com mais 3 mL dos tratamentos. As sementes tratadas foram mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D., modelo Fanem, à 25°C sob luz constante sendo as sementes coletadas nos períodos de 0, 6, 12, 24, 48 e 56 horas após a semeadura. Após as coletas, as sementes foram armazenadas em ultrafreezer à -80°C, até sua utilização. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos, 3 repetições, 5 períodos e o tempo zero. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Avaliando-se os teores de amido, lipídios e proteínas nos períodos de 0 a 56 horas após a semeadura, foi possível observar que os teores de proteínas, amido e lipídios nos diferentes períodos de coleta não apresentaram interferência dos extratos na mobilização de reservas durante o processo de germinação e que o amido foi o componente mais utilizado durante o crescimento do embrião.

**Palavras-chave:** Cumarina; Alelopatia; Mobilização de reservas.

**Influence of extracts of *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith seeds on the content of starch, lipids and proteins of reserve during germination of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.) under laboratory conditions**

Rozeli Aparecida Zanon Felix, Elizabeth Orika Ono

**ABSTRACT** - The objective of this study was to investigate changes in reserves of starch, lipids and proteins during germination of lettuce of seeds (*Lactuca sativa* L.) under laboratory conditions, treated with aqueous extracts of boiled and crushed seeds of *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith. Bioassays were conducted in the laboratory germination of the Department of Botany and Biochemistry in the laboratory of the Institute of Biosciences, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu (SP) using the following treatments, T1: control (distilled H<sub>2</sub>O), T2: Coumarin 100 mg L<sup>-1</sup>, T3: 20 g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> of distilled H<sub>2</sub>O (boiled extract), T4: 40 g of ground seed of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> of distilled H<sub>2</sub>O (boiled extract) T5: 20 g of ground seed of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> of distilled H<sub>2</sub>O (extract ground) and T6: 40 g of ground seeds of *A. cearensis* L<sup>-1</sup> of distilled H<sub>2</sub>O (extract ground). 10 g of lettuce seeds were sown in germination boxes containing two filter paper moistened with 7 mL of treatments and covered with one sheet of filter paper moistened with 3 mL of most treatments. The treated seeds were kept in a germination chamber of the BOD, Fanem model, under 25°C and constant light and the seeds collected in the periods of 0, 6, 12, 24, 48 and 56 hours after sowing. After collection, seeds were stored in ultra-freezer at -80°C until the time of use. The experimental design was completely randomized with 6 treatments, 3 replicates, 5 periods and the time zero. The results were subjected to analysis of variance (F test) and means were compared by Tukey test at 5% probability. Evaluating the levels of starch, lipids and proteins in the periods of 0 to 56 hours after seeding, we observed that the level of protein, starch and lipids in different sampling periods showed no interference of the extracts in the mobilization of reserves during the germination process and that the starch component was most widely used during the growth of the embryo.

**Key words:** Coumarin; Allelopathy; mobilization of reserves.

## 5.1. INTRODUÇÃO

Segundo Szczepanski (1977), alelopatia é a interferência provocada pela introdução de substâncias químicas, elaboradas por determinadas plantas de uma comunidade vegetal que afetam outros indivíduos desta comunidade.

Newman (1988) afirma que na alelopatia, plantas daninhas podem influenciar culturas e que, muitas vezes, os efeitos alelopáticos causados pela presença de ervas daninhas em culturas, são atribuídos somente à competição, ou então, simplesmente, denominados interferência.

Os efeitos alelopáticos dependem dos aleloquímicos liberados no ambiente pelas plantas doadoras. A alelopatia distingue-se da competição, pois essa envolve a redução ou a retirada de algum fator do ambiente, necessário a outra planta no mesmo ecossistema, tal como água, luz e nutrientes (Rice, 1984).

A alelopatia é um dos mecanismos pelas quais determinadas plantas interferem no desenvolvimento de outras, alterando-lhes o padrão e a densidade (Smith, 1989). É um fenômeno que ocorre largamente em comunidades vegetais.

A maioria das substâncias alelopáticas provém do metabolismo secundário, sendo atribuída a estas, a função de defesa e/ou proteção, pois durante o processo de evolução destas plantas, estas substâncias representaram alguma vantagem contra a ação de microorganismos, vírus, insetos e outros patógenos ou predadores, seja inibindo a ação destes ou estimulando o crescimento e desenvolvimento das plantas (Waller, 1999).

Segundo Bernardes (2010), as plantas apresentam diferentes estratégias de adaptação às alterações dos fatores bióticos e abióticos no meio em que habitam, portanto, o acúmulo de compostos de reserva em sementes representa parte importante do processo. Estas substâncias são utilizadas durante a germinação e, posteriormente, metabolizadas para o crescimento e desenvolvimento das plântulas.

São atribuídos diferentes propósitos para as substâncias de reserva, como a geração de energia e a produção de novas biomoléculas (proteínas, ácidos nucleicos, carboidratos e lipídios) para a construção de novos tecidos e células até a plântula se tornar um organismo autotrófico (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989; Buckeridge et al., 2000; Melo et al., 2009).

Os principais compostos de reserva em uma semente são carboidratos, lipídios e proteínas, variando em proporção nas diferentes espécies. O estudo da composição química de uma semente também é de interesse prático da tecnologia de sementes, porque tanto o

vigor quanto o potencial de armazenamento de sementes são influenciados pelo teor dos compostos de reserva presentes (Liberal & Coelho, 1980).

Para que a semente inicie sua germinação, ela passa por um "despertar". Este consiste fundamentalmente de eventos que podem ser sumarizados como: reidratação, em que ocorre a embebição de água pelas células do embrião e endosperma; formação e liberação de enzimas, com a reativação das organelas celulares e macromoléculas e metabolismo das substâncias de reserva, com geração de energia metabólica através do sistema citocromo, levando, ao crescimento e divisão celular (Meredith & Pomeranz, 1985; Popinigis, 1985).

As reservas de carboidratos, lipídios e proteínas presentes nas sementes são utilizadas pelo embrião como fonte de energia e substrato para estruturas celulares, durante o crescimento da plântula (Ziegler, 1995). A utilização de amido ou de açúcares solúveis é variável, dependendo da espécie, podendo ser durante a germinação ou no estágio de plântula. A mobilização de reservas em embriões de sementes de diversas espécies tem sido estudada por diferentes autores.

Bewley & Black (1994) afirmam que carboidratos pré-formados na semente servem como substrato da respiração durante o período pré-germinativo, sendo estes resultados confirmados por Buckeridge et al. (1995) em sementes de *Dimorphandra mollis*.

O presente trabalho teve por objetivo investigar as alterações nas reservas de amido, lipídios e proteínas durante o processo germinativo de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) em condições de laboratório, tratadas com extratos aquosos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith.

## **5.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.2.1. Local do experimento**

O presente estudo foi conduzido em câmara de germinação do Laboratório de Germinação do Departamento de Botânica e no Laboratório de Bioquímica, do Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu (SP).

### **5.2.2. Semente teste**

Foram utilizadas sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) como semente teste em condições de laboratório.



### 5.2.3. Obtenção dos Extratos

Sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith foram obtidas da região semiárida do nordeste brasileiro (Petrolina, PE). Estas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até peso constante e moídas em moinho tipo Wiley com peneira de malha de 20 mesh.

Com o material moído das sementes foram preparados dois tipos de extratos: o extrato aquoso, no qual o material moído de sementes foi fervido durante 5 minutos e resfriado em temperatura ambiente e o extrato triturado, no qual o moído das sementes foi mantido em água destilada durante 5 minutos. Em seguida, os extratos foram filtrados em papel filtro e o volume completado para 1L com água destilada, sendo os extratos armazenados em geladeira até o momento de sua utilização.

### 5.2.4. Tratamentos

Para verificar o efeito dos extratos de sementes de *A. cearensis* sobre a porcentagem de germinação e sobre o metabolismo das reservas de amido, lipídios e proteínas em sementes de alface foram utilizados os seguintes tratamentos:

T1: Testemunha (H<sub>2</sub>O destilada)

T2: Cumarina 100 mg L<sup>-1</sup>

T3: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido - 20 EF)

T4: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido - 40 EF)

T5: 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado - 20 ET)

T6: 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado - 40 ET)

### 5.2.5. Instalação e condução do experimento

Foram semeadas 10g de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) em gerbox transparentes contendo duas folhas de papel filtro, umedecidas com 7 mL dos tratamentos e cobertas com uma folha de papel filtro umedecida com mais 3 mL dos tratamentos. As sementes tratadas foram mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D., modelo Fanem, à 25°C sob luz constante sendo as sementes coletadas nos períodos de 0, 6, 12, 24, 48 e 56 horas após a semeadura.

Após as coletas, as sementes foram armazenadas em ultra-freezer à -80°C, até o momento de sua utilização. Para o preparo das amostras, as sementes de alface foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar à 70°C, até peso constante e maceradas em nitrogênio líquido.

### **5.2.6. Características avaliadas**

Os efeitos dos extratos de *A. cearensis* sobre a mobilização de reservas foram avaliados sobre o teor de proteínas, amido e lipídios em sementes alface (*Lactuca sativa* L.), durante a germinação.

O teor de proteínas foi determinado através do método de Kjeldah (Instituto Adolfo Lutz, 1951), o teor de amido pelo método de Somogyi, adaptada por Nelson (1944) e o teor de lipídios seguindo o método de Bligh & Dyer (1959).

### **5.2.7. Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos, 5 períodos, o tempo zero (antes da embebição) e 3 repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

## **5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As principais substâncias de reserva nas sementes são carboidratos, proteínas e lipídios. A proporção dessa composição pode variar de espécie para espécie e até entre espécies de uma mesma família (Borges & Rena, 1993; Bewley & Black, 1994). Essas substâncias são mobilizadas durante a germinação e no decorrer do desenvolvimento das plântulas seus produtos de degradação são usados para diferentes propósitos, como a geração de energia e a produção de matéria-prima para a construção de novas células e tecidos (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975).

Segundo Labouriau (1970), a germinação de sementes consiste na retomada do crescimento do eixo embrionário, que é, inicialmente, determinado pela embebição, seguida pela mobilização de reservas para formação de novas estruturas celulares.

### **5.3.1. Amido**

Heldt (2005) afirma que os principais carboidratos de reserva em uma semente são o amido e os polissacarídeos de reserva da parede celular.

Os teores de amido reduziram-se continuamente durante todo o período de germinação analisado. O conteúdo de amido apresentou queda mais acentuada após 24 horas, em todos os tratamentos (**Tabela 1**).

**Tabela 1-** Teor de amido (g/100g) em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos aquosos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith durante o processo da germinação, em câmara de germinação. Botucatu/SP, 2011.

Tempo após semeadura(h)	Tratamentos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	5,90*	aA	5,90	aA	5,90	aA	5,90	aA	5,90	aA	5,90	aA
6	4,39	bB	4,87	bA	4,37	bC	4,13	bD	3,97	bE	3,77	bF
12	3,20	cB	2,85	cC	3,92	cA	2,82	cD	2,13	cE	1,91	cF
24	0,55	dD	0,01	dE	0,56	dC	0,62	dB	0,01	dE	0,71	eA
48	0,01	fC	0,01	dC	0,14	fB	0,01	fC	0,01	dC	0,77	dA
56	0,39	eA	0,01	dE	0,35	eB	0,19	eC	0,01	dE	0,18	fD
C.V. (%)	20,46											
D.M.S.	8,70											
Erro Padrão	2,10											
Média Geral	2,35											

\* Média seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade (0,05)

\* Média seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

20 EF= 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido); 40 EF= 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido); 20 ET= 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado); 40 ET= 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado)

Na testemunha o comportamento de mobilização da reserva de amido indica alto consumo a partir das 12 horas após a semeadura, demonstrando utilização dessa reserva pelo embrião durante o processo de germinação.

Ocorreu degradação acentuada de amido a partir do período de 12 horas em sementes tratadas em todos os tratamentos, ficando inalterada a taxa dessa reserva ao longo desses períodos. Essa redução ocorreu porque a germinação da semente é iniciada graças às reservas do tecido de reserva da semente, que são disponibilizadas pela atividade enzimática e pelo fluxo dos componentes solúveis ao embrião, onde há rápido consumo (Carvalho & Nakagawa, 2000).

O comportamento de mobilização de reserva de amido nos tratamentos com 20g e 40 da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido) foi semelhante ao da testemunha com aumento da degradação ou consumo de amido a partir das 12 horas após a semeadura e as 48 horas, esse consumo foi totalmente evidente. Já às 56 horas a concentração de amido volta a aumentar o que sugere a biossíntese de amido.

No tratamento com 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado) foi possível observar que este apresentou comportamento semelhante ao da cumarina, no qual o teor de amido foi reduzindo gradativamente até as 12 horas após a semeadura e a partir das 12 horas redução brusca desse teor, mantendo-se o mesmo valor até as 56 horas após a semeadura.

Borges et al. (2001) estudando sementes de *Senna macranthera*, observaram que a germinação ocorreu como consequência da expansão celular. Segundo os autores, os decréscimos nos teores de açúcares solúveis naqueles embriões foram, aparentemente, usados na respiração ou exsudados para o meio durante a fase inicial de embebição.

Os teores médios de amido diminuíram durante e após o período de germinação (**Tabela 1**).

Resultados semelhantes foram observados por Buckeridge et al. (1992), em sementes de *Copaifera langsdorfii* Desf., cujo conteúdo de açúcares solúveis reduziu durante e após a germinação. Ao contrário, sementes de *Brassica oleracea* L. e *Euphorbia heterophylla* L., tiveram o conteúdo de carboidratos solúveis inalterados até 48 e 72 h, respectivamente (Qouta et al., 1991; Suda & Giorgini, 2000).

A  $\alpha$ -amilase, enzima hidrolítica, é produzida pela camada de aleurona, sendo liberada dentro do endosperma onde causa a conversão de amido em açúcares que serão utilizados no crescimento do embrião (Arteca, 1995). Fica evidente que o eixo embrionário da semente possui reservas suficientes para as atividades metabólicas das primeiras 24 horas de germinação (Popinigis, 1985).

O processo de germinação diminui o teor de amido da semente, devido sua transformação em glicídios, porém, estes não se acumulam, sendo utilizados em grande parte na respiração, para produção de energia, bem como na síntese de outras moléculas complexas (Popinigis, 1985), como observado neste trabalho nos tratamentos com 20 e 40 g da semente moída de *Amburana cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato triturado), após 24 h da semeadura. Entretanto, o processo de degradação do amido vem sendo estudado sob aspectos mais amplos, ao longo da germinação de sementes, enquanto as vias de degradação em células de tecidos vegetais vivos e a participação de cada uma destas enzimas na hidrólise do amido, permanecem indefinidas (Beck & Ziegler, 1989; Sarikaya et al., 2000).

Pode-se sugerir que a quantidade de amido presente nas sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) foi degradada para fornecer energia ao embrião durante o processo de germinação que se iniciou a partir das 24 horas após a semeadura. Esse fato pode ser

explicado porque a germinação da semente é iniciada graças às próprias reservas do embrião e depois, mantida com o consumo dos componentes dos tecidos de reserva, pela atividade enzimática e pelo fluxo dos componentes solúveis às regiões de crescimento onde há rápido consumo (Carvalho & Nakagawa, 2000).

### 5.3.2. Lipídios

Foi possível observar na testemunha e nos tratamentos com cumarina que ocorreu lenta e constante degradação de moléculas de lipídios até 48 horas, sendo que às 56 horas após a semeadura a concentração dessa reserva aumentou (**Tabela 2**).

**Tabela 2** - Teor de lipídios (g/100g) em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos aquosos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith em condições de Laboratório. Botucatu/SP, 2011.

Tempo após semeadura(h)	Tratamentos					
	1	2	3	4	5	6
0	21,88 aA*	21,88 aA	21,88 aA	21,88 aA	21,88 abA	21,88 aA
6	14,64 aA	9,84 aA	20,69 aA	15,08 aA	14,88 abA	10,70 aA
12	12,22 aA	16,98 aA	12,25 aA	11,53 aA	11,49 bA	14,63 aA
24	11,76 aA	19,76 aA	11,76 aA	9,67 aA	12,69 abA	15,39 aA
48	11,71 aB	12,35 aAB	22,12 aAB	11,06 aB	25,66 aA	15,29 aAB
56	16,91 aA	20,89 aA	11,82 aA	11,44 aA	14,04 abA	16,02 aA
C.V. (%)	22,05					
D.M.S.	15,75					
Erro Padrão	5,61					

\* Média seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Pode-se observar na **Tabela 2**, que nos tratamentos com 20g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido) e 40g da semente moída de *A. cearensis* L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O destilada (extrato fervido) ocorre consumo de lipídios até as 24 horas.

As atividades das enzimas de degradação (lipases) aumentam durante a germinação das sementes, obtendo-se valores máximos quando ocorre o máximo de lipídios degradados que são convertidos em sacarose (Bewley & Black, 1994).

Segundo Drapron et al. (1969), algumas sementes apresentam quantidades relativamente baixas de lipídios, basicamente triglicerídeos, que na germinação são hidrolisados, sendo utilizados para os processos metabólicos durante a germinação e crescimento do embrião. Durante a germinação, as lipases hidrolisam os triglicerídeos,

formando glicerol e ácidos graxos; parte destes é transformada, posteriormente, em açúcares, liberando energia para a germinação (Marcos Filho, 2005).

Através da quantificação de lipídios foi observado que houve redução nas primeiras 24 horas de germinação, dado que corrobora com Popinigis (1985). Suda & Giorgini (2000) também observaram redução nos níveis de lipídios nos primeiros dias após a embebição em sementes de *Euphorbia heterophylla* e Mansfield & Briarty (1996), analisando a degradação e consumo de lipídios em sementes de *Arabidopsis thaliana*, constataram redução de 65% no nível de lipídios, após 3 dias e 12 horas de germinação.

### 5.3.3. Proteínas

A **Tabela 3** mostra os resultados do teor de proteínas em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos aquosos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith e cumarina em condições de laboratório nos diferentes períodos de avaliação 0, 6, 12, 24, 48 e 56 horas após a semeadura. Pode-se observar que não ocorreu decréscimo no teor de proteínas, durante o período avaliado, sugerindo sua utilização no processo germinativo.

**Tabela 3-** Teor de proteínas (g/100g) em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos aquosos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith, em condições de Laboratório. Botucatu/SP, 2011.

Tempo após semeadura(h)	Tratamentos											
	1		2		3		4		5		6	
0	35,92	aA*	35,92	abA	35,92	aA	35,92	cA	35,92	bA	35,92	abA
6	37,97	aAB	42,74	aA	37,24	aAB	34,00	cAB	37,02	abAB	27,41	bB
12	36,43	aB	28,19	bB	38,23	aAB	50,50	abA	50,97	aA	35,94	abB
24	34,10	aBC	28,56	bC	43,62	aB	60,78	aA	41,56	abBC	28,35	bC
48	40,52	aAB	32,65	abB	36,67	aAB	35,81	cAB	48,54	abA	44,67	aAB
56	33,13	aA	30,00	abA	35,81	aA	40,04	bcA	39,82	abA	43,09	aA
C.V. (%)	15,43											
D.M.S.	5,73											
Erro Padrão	1,38											

\* Média seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Ocorreu aumento ou redução na concentração de proteínas em alguns períodos avaliados e em todos os tratamentos (**Tabela 3**), sugerindo que estes compostos não foram utilizados no processo da germinação, mas que poderão ser utilizados posteriormente, no desenvolvimento da plântula.

A hidrólise de proteínas produzindo aminoácidos e peptídeos requerem uma classe de enzimas conhecidas como proteinases. Algumas dessas proteinases hidrolisam totalmente as proteínas, liberando os aminoácidos, enquanto outras produzem pequenos peptídeos, os quais devem ser degradados pelas peptidases. Os aminoácidos liberados podem ser reutilizados para síntese de novas proteínas ou podem ser para fornecer esqueletos de carbono para a síntese de novos compostos utilizados no crescimento do eixo embrionário.

Esses dados concordam com a afirmação de Bewley & Black (1994), de que as proteínas são mobilizadas durante o crescimento das plântulas.

Os resultados obtidos também corroboram com os obtidos por Oliveira et al. (1998), que trabalhando com sementes de *Erythrina velutina* Willd., observaram decréscimo no conteúdo de proteínas, após a germinação.

Schlereth et al. (2000) observaram que em sementes de *Vicia sativa* L. a mobilização de proteínas nos cotilédones só começa após 48 horas após a semeadura, demonstrando que a taxa de proteínas solúveis decresce durante o crescimento das plântulas.

Os resultados obtidos também concordam com os obtidos por Müntz et al. (2001) de que a mobilização das proteínas armazenadas nos cotilédones só é detectável, após a protrusão da radícula.

Yamaguchi et al. (1996) e Matsui et al. (1999) observaram que em sementes de *Cucumis sativus* a degradação das reservas de proteínas inicia-se aos três dias após a germinação e que a diminuição desta está claramente correlacionada com a transição do metabolismo dos cotilédones, dependente da fonte da energia preservada nas sementes, para o crescimento autotrófico.

Nesse contexto, Buckeridge et al. (2004) também evidenciaram a mobilização das reservas de proteínas para a estruturação dos processos que conferem capacidade de absorver nutrientes e realizar fotossíntese.

Pelos resultados obtidos nas análises bioquímicas em relação ao teor de proteínas durante o processo germinativo foi possível observar que ocorreu pouca variação na concentração desse componente durante o período avaliado, o que sugere a não utilização das proteínas no processo germinativo, podendo-se sugerir o aproveitamento dessas, na formação e desenvolvimento das plântulas.

Fica evidente que a principal substância de reserva utilizada durante a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) é o amido.

As substâncias presentes nos extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith não inibiram a degradação das substâncias de reserva das sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) sugerindo que a inibição da germinação ocorre devido a outros processos fisiológicos.

#### **5.4. CONCLUSÃO**

Os resultados do presente trabalho indicam que extratos aquosos fervidos e triturados de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith e a cumarina não interferiram no processo de mobilização de reservas de amido, lipídios e proteínas durante o processo germinativo de sementes alface (*Lactuca sativa* L.).

#### **5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: CHAPMAN & HALL, 332p, 1995.

BECK, E., ZIEGLER, P. **Biosynthesis and degradations of starch in higher plants**. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol. v.40, 1989.

BERNARDES, R. S. A. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart. e *Euterpe precatoria* Mart.) submetidas ao aumento de temperatura**. UNESP, Botucatu-SP. Dissertação, 2010.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 445p., 1994.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. S. **Prapid method of lipid extraction and purification**. Can. J. Biochem. Physiol., v.37, n. 911, 1959.

BORGES, E. E. L. et al. **Crescimento e mobilização de carboidrato em embrião de sementes de fedegoso (*Senna macranthera* Irwin et Barneby) durante a germinação**. Revista CERNE, v. 7, n. 1, 2001.



BORGES, E.E.L. et al. **Caracterização de Alfagalactosidase e sua relação com a germinação das sementes de *Caesalpinia peltophoroides* (Leguminosae Caesalpinoideae).** Revista Árvore, v. 29, n. 4, 2005.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. **Germinação de sementes.** In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993.

BUCKERIDGE, M.S. *et al.* **Xiloglucan structure and post-germinative metabolism in seeds of *Copaifera langsdorfi* from savanna and forest populations.** Physiologia Plantarum, v. 86, 1992.

BUCKERIDGE, M.S.; PANEGASSI, V.R.; DIETRICH, S.M.C. **Storage carbohydrate mobilization in seeds of *Dimorphandra mollis* Benth.(Leguminosae) following germination.** Revista Brasileira de Botânica, v.18, 1995.

BUCKERIDGE, M.; TINÉ, M. A. S.; SANTOS, H. P. DOS; LIMA, D. U. Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes. Estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 12 (Edição Especial), 2000.

BUCKERIDGE, M.S. *et al.* **Acúmulo de Reservas.** In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado.** Porto Alegre: Artmed, 324 p. 2004.

CARVALHO, J.E.U.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** Jaboticabal: Funep, 588 p. 2000.

DRAPRON, R.; ANH, N. G. X., LAUNAY, B., GUILBOT, A. **Development and distribution of wheat lipase activity during the course of germination.** Cereal Chemistry, v. 46, n. 6, 1969.

HELDT, H.W. **Plant Biochemistry,** Elsevier, San Diego, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos de análises bromatológicas (análises químicas).** Laboratório de saúde pública, SP, 751p., 1951. IRVING, D.W. Seed structure

and histochemistry of *Prosopis velutina* (Leguminosae). **Botanical Gazete**, v.145, n.3, 1984.

LABOURIAU, L.G. **On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm.-I.** Anais da Academia Brasileira de Ciências 42, 1970.

LIBERAL, O.H.T.; COELHO, R.C. **Manual do laboratório de análise de sementes.** Niterói: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, 95p., 1980.

MANSFIELD, S.G., BRIARTY, L.G. **The dynamics of seedling and cotyledon cell development in *Arabidopsis thaliana* during reserve mobilization.** Int. Journal Plant Science, v.157, n.3, 1996.

MARCOS FILHO, L. **Fisiologia de Sementes plantas cultivadas.** Piracicaba. Fealq, 2005.

MATSUI, K. *et al.* **Cucumber Cotyledon Lipxygenase during Postgerminative Growth. Its Expression and Action on Lipid Bodies.** Plant Physiology, v. 119, 1999.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds.** New York: Pergamon press, 263p., 1975.

MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds.** 4 ed. Pergamon Press, McMillan, New York, 270 p.. 1989.

MELO, Z. L. DE O. ; GONÇALVES, J. F. DE C.; MAZZAFERA, P.; YARA, D. **Mobilization of seed reserves during germination of four tropical species of the Amazon Rainforest.** Seed Science and Technology, 37, 2009.

MEREDITH, P.; POMERANZ, Y. **Sprouted grain.** In: POMERANZ, Y. (Ed.). **Advances in cereal science and tecnology.** Saint Paul: A.A.C.C., v. 7, 1985.

MÜNTZ, K. *et al.* **Stored proteinases and the initiation of storage protein mobilization in seeds during germination and seedling growth.** Journal of Experimental Botany, v. 52, n. 362, 2001.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogy method for determination of glucose. **Journal of Biology Chemistry**, v.153, 1944.

NEWMAN, E. I. **Mycorrhizal links between plants: their functioning and ecological significance.** Advances in Ecological Research 18, 1988.

OLIVEIRA, J.T.A. *et al.* **Protein and lecitin mobilization during *Erythrina velutina* forma *Aurantiaca* seed germination and seedling growth in the dark.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v. 10, n. 1, 1998.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 289 p., 1985.

PONTES, A. P. *et al.* **Mobilização de reservas em sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. (garapa) durante a embebição.** RevistaÁrvore, v. 26, n. 5, 2002.

QOUTA, L.A. *et al.* **Changes in seed reserves and cell wall composition of component organs during germination of cabbage (*Brassica oleracea*) seeds.** Journal of Plant Physiology, v. 138, 1991.

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

SARIKAYA, E., HIGASA, T., ADACHI, M., MIKAMI, B. **Comparison of degradation abilities of  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylases on raw starch granules.** Process Biochem. v.35, n.7, 2000.

SCHLERETH, A. *et al.* **Comparison of globulin mobilization and cysteine proteinases in embryonic axes and cotyledons during germination and seedlings growing of vetch (*Vicia sativa* L.).** Journal of Experimental Botany, v. 51, n. 349, 2000.

SMITH, A.E. **The potential allelopathic characteristics of bitter sneezeweed (*Helenium amarum*).** Weed Science, Champaign, v. 37, n. 5, 1989.

SUDA, C.N.K.; GIORGINI, J.F. **Seed Reserve Composition and Mobilization During Germination and Initial Seedling development of *Euphorbia heterophylla***. Revista Brasileira Fisiologia Vegetal, v. 12, n. 3, 2000.

SZCZEPANSKI, A.J. **Allelopathy as a mean of biological control of water weeds**. Aquatic Bot., v. 3, , 1977.

WALLER, G.R. Introduction. In: MACIAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G. & CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, v.1, 1999.

YAMAGUCHI, Y. *et al.* **Emergence of proteases in germinating cucumber cotyledons and their roles in the two-step degradation of storage protein**. Plant Cell Physiology, v. 37, 1996.

ZIEGLER, P. **Carbohydrate degradation during germination**. In: Kigel, J.; Galili, Gad. Seed development and germination. 1995.

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições deste experimento e a partir dos resultados obtidos pode-se concluir que os extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith exercem poder alelopático sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.).

Os extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith não afetam a mobilização de reservas de amido, lipídios e proteínas durante o processo germinativo de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.).

## 7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao longo dos anos, o manejo de plantas invasoras vem sendo baseado principalmente no controle químico. Esse freqüente uso de herbicida, associado ao monocultivo, é uma das principais formas para seleção de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. Assim sendo, inovações não-herbicidas para o manejo das populações de plantas daninhas são crescentes e necessárias no mundo inteiro. Dentre essas, a alelopatia evidencia-se como uma ciência promissora.

Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a influência alelopática dos extratos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) e emergência de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.).

Objetivou-se ainda avaliar a influência desses extratos nos teores de amido, lipídios e proteínas de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) durante o processo da germinação, visando oferecer subsídios para auxiliar no manejo integrado de plantas invasoras, além de subsidiar trabalhos futuros que visem à identificação de compostos alelopáticos para desenvolvimento de novos herbicidas provenientes de plantas.

Devido à carência de informações, durante a revisão de literatura, em relação ao metabolismo de amido, lipídios e proteínas durante a germinação, assim como, à relação existente entre alelopatia e o metabolismo, faz-se necessário mais estudos para melhor elucidar os efeitos alelopáticos sobre o processo de mobilização de reservas durante a germinação.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

AKOBUNDU, I. O. **Weed science in the tropics: principles and practices**. Norwich : J. Wiley, 1987.

ALMEIDA, F.S. **Influência da cobertura morta na biologia do solo**. A Granja, São Paulo, v. 4, n. 451, 1985.

ALMEIDA, F.S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: Iapar, (Circular Técnica, 53). 1988.

ALMEIDA, G. M. A.; ALBUQUERQUE, M. B; SANTOS, R. C., MELO FILHO, P. A. **Avaliação do potencial alelopático do *Croton sonderianus* em sementes de *Cassia tora***. In: JORNADA EM ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, 8., 2008, Recife-PE, **Anais...** Recife:UFRPE, 1 CD-ROM, 2008.

ALVES, P.L.C.A. **Estudo das propriedades alelopáticas de espécies de *Eucalyptus* spp. e sua potencialidade no manejo de plantas daninhas**. Jaboticabal: FCAV, Relatório FINEP, 1992.

ANAYA, A.L.; RAMOS, L.; CRUZ,R.; HERNANDEZ, J.G.; NAVA, V. **Perspectives on allelopathy in Mexican tropical agroecosystems: a case study in Tlaxcala**. Journal of Chemical Ecology, 13: 2083-2101, 1987.

ARANHA, C.; LEITÃO, H.F.; YALN, C.A. **Sistemática de plantas invasoras**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, p. 17, 1988.

ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: CHAPMAN & HALL, 332p, 1995.

AWAD, A.M.; JAGER, A. DE; WESTING, L.M.V. **Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation**. Scientia Horticulturae, v.83, 2000.

- BALBINOT-JUNIOR, A. A. Manejo das plantas daninhas pela alelopatia. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 17, n. 1, 2004.
- BALLESTER A., VIEITEZ A.M., VIEITEZ E., **Allelopathic potential of *Erica vagans*, *Calluna vulgaris* and *Daboecia cantabrica***. *Journal of Chemical Ecology*, 8(5),1982.
- BANSAL, G. L.; BHAN, V. M. Status of research on allelopathy and future scope of work in Indian. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 63, n. 12, 1993.
- BECK, E., ZIEGLER, P. **Biosynthesis and degradations of starch in higher plants**. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol.* v.40, 1989.
- BELL, D.T.; KOEPPE, D.E. **Noncompetitive effects of giant foxtail on the growth of corn**. *Agron. J.* 64, 1972.
- BELL, D.T. **The influence of osmotic pressure in tests for allelopathy**. *Trans. III. Sate Acad. Sci.* 67, 1974.
- BELL, A. A. **Biochemical mechanisms of disease resistance**. *Ann Rev Plant Pathol*, Palo Alto, v. 32, 1981.
- BELTRÃO E. M. ; OLIVEIRA, M. I . P. **Biossíntese e Degradação de Lipídios, Carboidratos e Proteínas em Oleaginosas** .Campina Grande, PB. 2007
- BELTRATI, C.M. **Morfologia e anatomia de sementes**. Rio Claro: UNESP, 108 p. (Apostila do curso de Pós-graduação), 1992.
- BENNETT, R.; WALLSGROVE,R.M. **Secondary metabolites in plant defence mechanisms**. *New Phytologist*, v.127, 1994.
- BENZIONI, A.; BOVEN, M. V.; RAMAMOORTHY, S.; MILLS, D. **Compositin changes in seeds and embryo axis of jojoba (*Simmondsia chinensis*) during germination and seedling emergence**. *Industrial crops and products*, 23, 2006.

BERNARDES, R. S. A. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart. e *Euterpe precatoria* Mart.) submetidas ao aumento de temperatura.** UNESP, Botucatu-SP. Dissertação de Mestrado, 2010.

BERRIE, A.M.; PARKER, B.A.; KNIGTS, W.; HEMDRIMN, M.R. Studies on lettuce seed germination. I. Coumarin induced dormancy. **Phytochemistry**, v.7, 1968.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination.** New York, Plenum Press, 367p., 1985.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination.** 2. ed. New York: Plenum Press, 445p., 1994.

BEWLEY, J.D. **Seed germination and dormancy.** The Plant Cell, v. 9, 1997.

BEWLEY, J.D. **Seed germination and reserve mobilization.** Encyclopedia of Life Sciences. Disponível em: < www.els.net>. Requer login e senha, 2001.

BEZERRA, M. A.; ALVES, J. D; OLIVEIRA, LUIZ, E. M. DE.; PRISCO, J. T. **Caracterização morfológica de reservas durante os estádios iniciais de desenvolvimento de plântulas de *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** Revista Ciência Agronômica, vol. 34 (2): 253-259, 2003.

BHOWMIK, P.C., DOLL, J.D. **Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues.** Agron. J., v.74, 1982.

BHOWMIK, P.C., DOLL, J.D. **Allelopathic effects of annual Weed residues on growth and nutrient uptake of corn and soybeans.** Agron. J., Madison, v.76, 1994.

BIANCHI, M. A. **Programa de difusão do manejo integrado de plantas daninhas em soja no Rio Grande do Sul: 1994/95.** Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. **S rapid method of lipid extraction and purification.** Can. J. Biochem. Physiol., v.37, n. 911, 1959.



BOESEWINKEL, F.D.; BOUMAN, F. **The seed: structure and function.** In: KIGEL, J.; Galili, G. (Ed.) **Seed development and germination.** New York: Marcel Dekker, 1995.

BONNER, J.; GALSTON, A.W. **Toxic substances from the culture media of guayule which may inhibit growth.** Bot. Gaz. 106, 1944.

BONNER, J. **Further investigation of toxic substances which arise from guayule plants: relation of toxic substances to the growth of guayule in soil.** Bot. Gaz. 107, 1946.

BONNER, J. **The role of toxic substances in the interactions of higher plants.** *The Botanical Review*, 1950.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. **Germinação de sementes.** In: AGUIAR, I.B.; PIÑARODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993.

BORGES, E. E. L. *et al.* **Crescimento e mobilização de carboidrato em embrião de sementes de fedegoso (*Senna macranthera* Irwin et Barneby) durante a germinação.** Revista CERNE, v. 7, n. 1, 2001.

BORGES, E. E. L.. **Comportamento bioquímico e fisiológico de sementes florestais nativas durante a embebição.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

BORGES, E. E. L. *et al.* **Caracterização de Alfagalactosidase e sua relação com a germinação das sementes de *Caesalpinia peltophoroides* (Leguminosae Caesalpinoideae).** Revista Árvore, v. 29, n. 4, 2005.

BORNER, H. **Liberation of organic substances from higher plants and their role in the soil sickness problem.** Bot. Rev. 26, 1960.

BOTHA, F. C., M. M. O'KENNEDY, AND S. DU PLESSIS. **Activity of key enzymes involved in carbohydrate metabolism in *Phaseolus vulgaris* cell suspension cultures.** *Plant Cell Physiol* 33, 1992.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará.** 3.ed. Fortaleza: ESAM, 510p., 1976.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Produção Vegetal.** Regras para análise de sementes. Brasília, 365p., 1992.

BUCKERIDGE, M.S. *et al.* **Xiloglucan structure and post-germinative metabolism in seeds of *Copaifera langsdorfi* from savanna and forest populations.** *Physiologia Plantarum*, v. 86, 1992.

BUCKERIDGE, M.S.; PANEGASSI, V.R.; DIETRICH, S.M.C. **Storage carbohydrate mobilization in seeds of *Dimorphandra mollis* Benth.(Leguminosae) following germination.** *Revista Brasileira de Botânica*, v.18, 1995.

BUCKERIDGE, M.; TINÉ, M. A. S.; SANTOS, H. P. DOS; LIMA, D. U. **Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes. Estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos.** *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12 (Edição Especial), 2000.

BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, H. P. & TINÉ, M. A. S. **Mobilisation of storage cell all polysaccharides in seeds.** *Pl. Physiol. Bioch.*, 38, 2000(a).

BUCKERIDGE, M.S., TINÉ, M.A., SANTOS, H.P. E LIMA, D.U. **Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes, estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos.** *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*. 2000(b).

BUCKERIDGE, M.S. *et al.* **Acúmulo de Reservas.** In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado.** Porto Alegre: Artmed, 324 p. 2004.

BURIN, M.E.; VILHORDO, B.W. **Efeito alelopático do extrato de Colza (*Brassica Napus*, L. var. *olifera Metzg*) sobre germinação de sementes de trigo, soja e tomate.** Agronomia Subriograndense, v.22, n.1, 1986.

CARVALHO, J.E.U.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção.** FUNEP, Jaboticabal, 2000.

CARVALHO, S. I. C. **Caracterização dos efeitos alelopáticos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no estabelecimento das plantas de *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* cv. Bandeirante.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 72 p. 1993.

CASTRO, P.R.C.; RODRIGUES, J.D.; RONDELLA-MAIMONI, R.C.S.; RABELO, J.C.; VEIGA, R.F.A. ; LIMA, G.P.P.; JUREIDINI, P. & DENADAI, I.A.M. **Ação alelopática de alguns extratos de plantas daninhas na germinação de arroz.** Anais Escola Superior Luiz de Queiroz, 1984.

CASTRO, R.D. de; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. **Embebição e reativação do metabolismo.** In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do Básico ao Aplicado.** Artmed, Porto Alegre, 2004.

CHOU, C.H. & KUO, Y.L. **Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. III. Allelopathic exclusion of understory by *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.** Journal of Chemical Ecology, 12, 1986.

COLPAS, F.T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Effects of some phenolic compounds on soybean seed germination and on seed-borne fungi. **Brazilian Archives Biology and Technology**, v.46, n.2, 2003.

COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. **Principles of Seed Science and Technology**, 3ª ed. New York: Chapman & Hall, 409p., 1995.

CÓRDOBA, G. A. T.; BORGES, E. E. DE L. E.; BORGES, R. DE C. G.; NEVES, J. C. L. **Osmocondicionamento em sementes de *Esenbeckia leiocarpa* ENGL (Guarantã).** Revista Brasileira de Sementes, 17, 1995.

CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil.** Rio de Janeiro: IBDF, v.5, 687p., 1978.

CORRÊA, M.P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional v.6 , 1978.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. DE L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. DE A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. DE A. **Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae- Caesalpinioideae).** Revista Árvore, 30 (6), 2006.

CUNHA, M. DO C. L.; FERREIRA, R. A. **Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith - Cumarú - Leguminosae Papilionoideae.** Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v. 25, nº 2, 2003.

CRUZ, S. E. M.; NOZAKI, M. H.; BATISTA, M. A. **Plantas medicinais.** Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, Brasília, n. 15, 2000.

DALRYMPLE, R.L.; ROGERS, J.L. **Allelopathic effects of western Regweed on seed germination and seedling growth of selected plants.** Journal of Chemical Ecology, v.9., 1983.

DANTAS, B. F.; CORREIA, J. DE S.; MARINHO, L. B.; ARAGAO, C. A. **Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.).** Revista Brasileira de Sementes, 30(1), 2008.

DAO, T.H. **Sorption and mineralization of plant phenolic acids in soil. In Allelochemicals . Role in agriculture and forestry.** Edited by G. r. Waller. ACS Symp. Ser. 330, 1987.

DRAPRON, R.; ANH, N. G. X., LAUNAY, B., GUILBOT, A. **Development and distribution of wheat lipase activity during the course of germination.** Cereal Chemistry, v. 46, n. 6, 1969.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, n.3, 1956.

DURIGAN, J. C.; ALMEIDA, F. S. **Noções sobre a alelopatia.** Boletim Técnico. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 28 p., 1993.

EINHELLIG, F.A. & LEATHER, G.R. Potentials for exploiting allelopathy to enhance crop production. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 14, n.10, 1988.

EINHELLIG, F. A. **Plant x plant allelopathy: biosynthesis and mechanism of action.** In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 1995, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 59-74, 1995.

EINHELLIG, F. A. Interactions involving allelopathy in cropping systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 6, 1996.

EINHELLIG, F.A. **An integrated view of allelochemicals amid multiple stresses.** In INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M. & FOY, C.L. (Eds.) **Principles and practices in plant ecology.** Boca Raton, CRC Press, 1999.

ELLS, J.E. and A.E. McSay. **Allelopathic effects of alfafa plant residue on emergence and growth of cucumber seedlings.** HortScience, 26, 1991.

EVENARI, M. **Germination inhibitors.** Bot. Rev., v.15, 1949.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da. **Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 11, 2001.

FAY, P.K.; DUKE, W.B. **An assessment of allelopathic potential in *Avena* germplasm.** Weed Science, v.5, 1977.

FELICIANO, A.L.P. **Estudo da germinação de sementes e desenvolvimento da muda, acompanhado de descrições morfológicas de 10 espécies arbóreas ocorrentes no semiárido nordestino.** Viçosa: UFV, 1989, 114p. (Tese mestrado em Ciências Florestais).

FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Ed. Especial. Londrina, v. 12, 2000.

FERREIRA, M. C.; SOUZA, J. R. P.; FARIA, T. J. **Potenciação alelopática de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de Picão-Preto e Alface.** Ciênc. agrotec., Lavras, v. 31, n. 4, 2007.

FIGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças.** 2 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, 1982.

FRIEDMAN, J. **Allelopathy, autotoxicity, and germination. Pp. 629-644. In: J. Kegel & G. Galili (eds.). Seed development and germination.** Marcel Dekker Inc., New York, 1995.

GATTI, A. B.; PEREZ, S. C. J. G. A.; LIMA, M. I. S. **Efeito alelopático de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L.** Acta Botanica Brasilica, 18, 2004.

GOMES, M.S.; VON PINHO, E.V.R.; VON PINHO, R.G. et al. **Efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho.** Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.22, n.1, 2000.

GRANKHOV, V. P.; DIDYK, N. P. **Phytocenotics approach in allelopathy of higher plants.** In: WORLD CONGRRESS ON ALLOPATHY, 1, 1996, Cádiz – Sapin. Annais... Cádiz: Sapin,1996.

GUENZI, W.D., MC CALLA, T.M., NORSTADT, F.A. **Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues.** Agron. J., v.59, 1967.

GUNN, C.R. **Seed topography in the Fabaceae.** Seed Science and Technology, Zurich, v. 9, n. 3, 1981.

HALL, M. H.; HENDERLONG, P. R. **Alfalfa autotoxic fraction characterization and initial separation.** Crop Science, Madison, v. 29, n. 2, 1989.

HARBORNE JB. **The plant and its biochemical adaptation to the environment.** In: INTRODUCTION TO ECOLOGICAL BIOCHEMISTRY, London: Academic Press, 1977.

HEGDE, M.H.; MILLER, D.A. **Allelopathy and autotoxicity in alfalfa: characterization and effects of preceding crops and residue incorporation.** Crop. Sci. 30, 1990.

HELDT, H.W. **Plant Biochemistry**, Elsevier, San Diego, 630 p. 2005.

HERMAN, E.M. **Cell and molecular biology of seed oil bodies.** In: KIGEL, J. & GALILI, G. (Ed.) Seed development and germination. New York, Marcel Dekker, 1995.

HERMAN, E.M.; LARKINS, B.A. **Protein storage bodies and vacuoles.** The Plant Cell. v. 11, 1999.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology.** 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.

HORWITZ, H. **Official Method of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemistry.** 8. ed. As.of.Agr.Chem. Washington, 1995.

INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M. **On laboratory bioassays in allelopathy.** Botanical Review 61(1) 1995.

INDERJIT, DAKSHINI, K.M.M. **The nature of interference potencial of *Pluchea lanceolata* (DC) C.B. Clarke (Asteraceae).** Pl. Soil 122, 1990.

INDERJIT, DAKSHINI, K.M.M. **Formononetin 7-O-glucoside (ononin), an additional growth inhibitor in soils associated with the weed, *Pluchea lanceolata* (DC) C.B. Clarke (Asteraceae).** J. Chem. Ecol., v.18, 1992.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos de análises bromatológicas (análises químicas).** Laboratório de saúde pública, SP, 751p., 1951. IRVING, D.W. Seed structure and histochemistry of *Prosopis velutina* (Leguminosae). **Botanical Gazete**, v.145, n.3, 1984.

JACOBI, U.S. & FERREIRA, A.G. **Efeitos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* (DC.) OK. Sobre espécies cultivadas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 26, 1991.

KENT, N. L. **Composición química de los cereales.** In: **Tecnología de los cereales.** Trad. M. Catalan Calvo & M. Gonzales Alonzo. Zaragoza, Editorial Acribia, 1971.

KHAN, M.I. **Allelopathic potential of dry fruits of *Washingtonia filifera*: Inibition of seed germination.** Physiologia Plantarum, V.54, 1982.

KIL, B.S.; YIM, Y.J **Allelopathic effects of *Pinus densiflora* on undergrowth of red Pine forest.** Journal of Chemical Ecology, V.9, 1983.

KING, S. R.; AMBIKA, R. **Allelopathic plants. 5. *Chromolaen odorata* (L.). Allelopathy Journal, 9 (1), 2002**

KISSMAN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas.** São Paulo: BASF Brasileira, 1991.



KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas. Plantas dicotiledôneas por ordem alfabética de famílias: *Acanthaceae* a *Fabaceae*.** São Paulo: Basf, Tomo II, 1995.

KISSMANN, G. K. **Plantas daninhas e nocivas.** 2. ed. São Bernardo do Campo: BASF Brasileira, tomo 1, 1997.

KNYPL, J.S. Specific inhibitors of RNA and protein synthesis as suppressor of IAA and coumarin induced growth responses. **Acta Societatis Botanicorum Polinae**, v.35, 1960.

KNYPL, J.S. Control of chlorophyll synthesis by coumarin and other plant growth retarding chemicals. **Acta Societatis Botanicorum Polinae**, v.39, 1971.

KUITERS, A.T. **Effects of phenolic acids on germination and early growth of herbaceous woodland plants.** J. Chem. Ecol.,15, 1989.

LABORIAU, L.G.; VÁLIO, I.F.M.; HERINGER, E.P. **Sobre o sistema reprodutivo de plantas dos cerrados.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v.36, n.4, 1964.

LABOURIAU, L.G. **On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm.-I.** Anais da Academia Brasileira de Ciências 42, 1970.

LABORIAU, L. G. **A germinação das sementes.** Washington: Organização dos Estados Americanos, Monografias científicas, 1983.

LEAL, L.K.A.M. **Estudos farmacológicos do extrato hidroalcoólico e constituintes químicos de *Torresea cearensis* Fr. All. (Cumaru).** Dissertação (Mestrado em Farmacologia) – UFC, Fortaleza. 128p. 1995.

LIBERAL, O.H.T.; COELHO, R.C. **Manual do laboratório de análise de sementes.** Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, Niterói, 95p., 1980.

LIMA, D.A. **Plantas da caatinga.** Academia brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 1989.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarium, 352p. 1992.

LOVETT, J.V. **Alternatives to chemical control of weeds**. Proc. Inter. Conf., FRI, ROTOURAS, N. Z. July, 1989, Ministry of Forestry, FRI, N. Z., 1990.

LUU, K.T.; MACTHES, A. G., PETERS, E. J. **Allelopathic effects of tall fescue on birdsfoot trefoil as influenced by N fertilization and seasonal changes**. Agron. J., 1982.

LYU, S-W; BLUM, U. Effects of ferulic acid, an allelopathic compound, on net P, K, and water uptake by cucumber seedlings in a split-root system. Journal of Chemical Ecology, v.16, 1990.

MACÍAS, F. A.; VARELA, R. M.; TORRES, A.; OLIVA, R. M.; MOLINILLO, J. M. G. **Bioactive norsesquiterpenes from *Helianthus annuus* with potential allelopathic activity**. Phytochemistry, 48. 1998.

MACIAS, F.A., CASTELLANO, D., MOLINILLO, J.M.G. **Search for a standart phytotoxic bioassay for allelochemicals**. Selection of standard target species. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. v. 48, n. 6, 2000a.

MACIAS, F.A., GALLINDO, J.C.G., MOLINILLO, J.M.G. **Plant biocommunicators: Application of allelopathic studies**. In: Years of Natural Products Research Past, Present and Future, Ed Teus J.C. Luijendijk, Phytoconsult, 2000b.

MANSFIELD, S.G., BRIARTY, L.G. **The dynamics of seedling and cotyledon cell development in *Arabidopsis thaliana* during reserve mobilization**. Int. Journal Plant Science, v.157, n.3, 1996.

MANO, A. R. de O. **Efeito alelopático do extrato aquoso de Sementes de Cumaru (*Amburana cearensis* S.) sobre a germinação de sementes, desenvolvimento e crescimento de plântulas de alface, picão-preto e carrapicho**. Tese de dissertação, Fortaleza – Ceará, 2006.

MARCOS FILHO, L. **Fisiologia de Sementes plantas cultivadas**. Piracicaba. Fealq, 2005.

MATOS, F. J. de A.; CRAVEIRO, A. A.; ALENCAR, J. W. et al. **Ácidos graxos de algumas oleaginosas tropicais em ocorrência no Nordeste do Brasil**. Química Nova, v. 15, n. 3, 1992

MATOS, V. P.; SANTOS, T. O.; MORAIS, T. G. O. **Tratamentos pré-germinativos para superação de dormência em sementes de chichá (*Sterculia foetida*)**. Revista Árvore, Viçosa, v.28, n.1, 2004.

MATSUI, K. *et al.* **Cucumber Cotyledon Lipxygenase during Postgerminative Growth. Its Expression and Action on Lipid Bodies**. Plant Physiology, v. 119, 1999.

MAY, F.E., ASH, J.E. **An assessment of the allelopathic potential of *Eucalyptus***. *Aust. J. Bot.*, v.38, 1990.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **Chemical composition of seeds**. In: The germination of seeds. Cap. 2. 2<sup>a</sup>. ed. Reimpressão. Oxford, Pergamon Press Ltd., 1978.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: Pergamon press, 263p., 1975.

MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4 ed. Pergamon Press, McMillan, New York, 1989.

MEDEIROS, A.R.M. **Alelopatia – importância e suas aplicações**. Horti Sul. v.1, n. 3, 1990.

MEDEIROS, A. R. M.; CASTRO L. A. S.; LUCCHESI, A. A. **Efeitos alelopáticos de algumas leguminosas e gramíneas sobre a flora invasora**. Piracicaba: ESALQ. Anais... ESALQ, v. 47, n.1, 1990.

MEDEIROS, A.R.M. & LUCCHESI, A.A. **Efeitos alelopáticos de ervilhaca (*Vicia sativa*) sobre a alface em testes de laboratório.** Pesquisa agropecuária Brasileira, v. 28, 1993.

MELO, Z. L. DE O. ; GONÇALVES, J. F. DE C.; MAZZAFERA, P.; YARA, D. **Mobilization of seed reserves during germination of four tropical species of the Amazon Rainforest.** Seed Science and Technology, 37, 2009.

MENDES, R. A. Estudo da propagação invitro de *Manihot glaziovii* Mull. Arg (Euphorbiaceae) parente silvestre da mandioca. 113f (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

MEREDITH, P.; POMERANZ, Y. **Sprouted grain.** In: POMERANZ, Y. (Ed.). Advances in cereal science and technology. Saint Paul: A.A.C.C., v. 7, 1985.

MILLER, D.A. **Allelopathic effects of alfafa.** Journal of Chemical Ecology, v.9, n.81, 1983.

MILLER, D. A. **Allelopathy in forage crop systems.** Agronomy Journal, Madison, v. 88, n. 6, 1996.

MIQUEL, M. & BROWSE, J. **Lipid biosynthesis in developing seeds.** In: Kigel, J & GALILI, G. Seed development and germination, 3° ed., 853pp. 1995.

MIRÓ, C.P.; FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. **Alelopatia de frutos de erva-mate (*Ilex paraguarienses*) no desenvolvimento do milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileiro, Brasília, 33 (8), 1998.

MOREIRA, E. A. **Contribuição ao estudo fitoquímico de *Lobelia hassleri* A. Zahlb e *Lobelia stellfeladii* R. Braga. Campanulaceae.** Tribuna Farmacêutica, v. 47, n. 1, 1979.

MULLER, C.H. The role of chemical inhibition (allelopathy) in vegetational composition. **Bull. Torrey Bot. Club**, v.93, 1966.

MÜNTZ, K. **Deposition of Storage Proteins**. Plant Molecular Biology, v. 38, 1998.

MÜNTZ, K. et al. **Stored proteinases and the initiation of storage protein mobilization in seeds during germination and seedling growth**. Journal of Experimental Botany, v. 52, n. 362, 2001.

NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; Gelson Dias FERNADES, G. D. **Fatores Externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes**. Informativo Sementes IPEF. 1998.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogy method for determination of glucose. **Journal of Biology Chemistry**, v.153, 1944.

NEWMAN, E.I. **Mycorrhizal links between plants: Theirs functioning and ecological significance**. Advances in Ecological Research, Londres, v. 18, 1988.

NIITTYLÄ, T., MESSERLI, G., TREVISAN, M., CHEN, J., SMITH, A.M., ZEEMAN, S.C. **A previously unknown maltose transporter essential for starch degradation in leaves**. Science, v.303, n.5654, 2004.

OHNO, S.; TOMITA-YOKOTANI, K.; KOSEMURA, S.; NODE, M. ; SUZUKI, T.; AMANO, M.; YASUI, K.; GOTO, T.; YAMAMURA, S. E HASEGAWA, K.; A species – selective allelopathic substance from germinating sunflower (*Helianthus annus L.*) seeds. *Phytochemistry* 56, 2001.

OLIVEIRA, J.T.A. *et al.* **Protein and lecitin mobilization during *Erythrina velutina* forma *Aurantiaca* seed germination and seedling growth in the dark**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v. 10, n. 1, 1998.

OLIVEIRA, M. N. S. DE;MERCADANTE, M. O.;LOPES, P. S. N.;GOMES, I. A. C.; GUSMÃO, E.;RIBEIRO, L. M. **Efeitos alelopáticos extratos aquoso e etanólico de jatobá do cerrado**. Unimontes Científica, v.4, n.2 , 2002.

PELLISSIER, F. **Allelopathic inhibition of spruce germination**. Acta Oecologica 14(2). 1993.

PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. **Influência da temperatura, da interação temperatura-giberelina e do estresse térmico na germinação de algarobeira**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.2, n.1, 1990.

PICMAN, A. K.; PICMAN, J. **Effect of selected pseudoguaianolides on survival of the flour beetle, *Tribolium confusum***, *Biochem. Syst. Ecol.*, v. 12, n. 1, 1984.

PODESTÁ, F.E.; PLAXTON, W.C. **Regulation of cytosolic carbon metabolism in germinating *Ricinus communis* cotyledons**. II. Properties of phosphoenolpyruvate carboxylase and cytosolic pyruvate kinase associated with the regulation of glycolysis and nitrogen assimilation. *Planta*. 194, 1994.

PONTES, C. A.; BORGES, E. E. DE L. E; BORGES, R. DE C. G.; SOARES, C. P. B. **Mobilização de reservas em sementes de *Apuleia leiocarpa* (vogel) J. F. Macbr. (garapa) durante a embebição**. Revista *Árvore*, 26(5), 2002.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 289 p., 1985.

PONTES, A. P. *et al.* **Mobilização de reservas em sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. (garapa) durante a embebição**. Revista *Árvore*, v. 26, n. 5, 2002.

PURVIS, C.E. **Plant Prot.** Quart. 1990.

PUTNAM, A. R.; DUKE, W.B. **Allelopathy in agrossystems**. Ann Rev. Phytopathology, Palo Alto, n. 16, 1978.

PUTNAM, A.R. **In Weed Physiology. Reproduction and Ecophysiology**. Ed. SO Duke, v. 1,. CRC. Prees, Boca Raton, Flórida, 1985.

PUTNAM, A. R.; TANG, Chung-Shih. *Allelopathy: state of the science*. In: \_\_\_\_ **The Science of Allelopathy**. Toronto: John Wiley & Sons, 1986.

QOUTA, L.A. et al. **Changes in seed reserves and cell wall composition of component organs during germination of cabbage (*Brassica oleracea*) seeds.** *Journal of Plant Physiology*, v. 138, 1991.

RICE, E.L. **Allelopathy.** NeW York: Academic Press, , 353 p., 1974.

RICE, E.L. Allelopathy: an update. **The Botanical Review**, Bronx, v. 45, 1979.

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

RICE, E.L. **Allelopathy effects on nitrogen cycling.** In: RIZVI, S.J.H. & RIZVI, H. *Allelopathy: Basic and applied aspects.* London, Chapman & Hall, 1992.

RICE, E.L. **Allelopathy effects on nitrogen cycling.** In: RIZVI, S.J.H. & RIZVI, H. *Allelopathy: Basic and applied aspects.* London, Chapman & Hall, 1992.

RICHARDSON, D.R. & WILLIAMSON, G.B. **Allelopathic effects of shrubs of the sand pine scrub on pines and grasses of the sand hills.** *Forest Science*, v.34, n.1, 1988.

RIZZINI, C.T. **Estudos preliminares sobre o xilopódio e outros órgãos tuberosos de plantas do cerrado.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.37, n.1, 1965.

RIZVI, S. J. H.; TAHIR, M.; RIZVI, V.; KOHLI, R. K.; ANSARI, A. **Allelopathy interactions in agroorestry systems.** *Critical Reviews in Plant Science*, 18 (6), 1999.

RODRIGUES, L. R. A.; ALMEIDA, A. R. P.; RODRIGUES, T. J. D. **Alelopatia em forrageiras e pastagens.** In: Simpósio sobre ecossistema de pastagens, 2., 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993.

RUBEL, A.; RINNE, R.W.; CANVIN, D.T. **Protein, oil and fatty acids in devoloping soybean seeds.** *Crop. Science*, 12 (6), 1972.

SCHLERETH, A. *et al.* **Comparison of globulin mobilization and cysteine proteinases in embryonic axes and cotyledons during germination and seedlings growing of vetch (*Vicia sativa* L.).** Journal of Experimental Botany, v. 51, n. 349, 2000.

SALAS, M.C.; VIEITEZ, E. **Inibidores de germination in Ericáceas.** Anales Del Intituto Botânico Antonio Jose Cavanielles. V.32, n.2, 1975.

SANTAMARIA, L.M. **Interacción entre organismos: sistemas de defensa.** Berkeley, Chimera Javeriana, 22p, 1999.

SANTOS, M.D.; BLATT, C.T.T. **Teor de flavonóides e fenóis totais em folhas de *Pyrostegia venusta* Miers.** de mata e de cerrado. Revista Brasileira de Botânica, v.21, 1998.

SARIKAYA, E., HIGASA, T., ADACHI, M., MIKAMI, B. **Comparison of degradation abilities of  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylases on raw starch granules.** Process Biochem. v.35, n.7, 2000.

SMITH, A.E. **The potential allelopathic characteristics of bitter sneezeweed (*Helenium amarum*).** Weed Science, Champaign, v. 37, n. 5, 1989.

SAVY FILHO, A. & BANZATTO, N. V. **O Mercado está para a mamona.** Casa da Agricultura, v.5, n.5, 1983.

SERT, M. A.; BONATO, C. M.; SOUZA, L. A. DE. **Germinação da semente.** In: SOUZA, L. A. DE (Org.). Sementes e Plântulas. Germinação, estrutura e adaptação. Ponta Grossa: Todapalavra, 2009.

SHAFFER, W.E.; GARRISON, S.A. **allelopathic eddects of soil incoporated asparagus roots on lettuce, tomato, and asparagus seedling emergence.** HortScience, 21, 1986.

SILVA, Z. L. **Alelopatia e defesa em plantas.** Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, v. 36, n. 258-259, 1978.



SILVA, F.A.M. **seleção de microorganismos com potencial de produção alelopáticos para o controle de plantas daninhas.** Dissertação (Mestre em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Federal de São Paulo, 2004.

SMITH, A.E.; MARTIN, D.L. **Allelopathy characteristic of three crop-season grass in the forage ecosystem.** *Agron. J.*, Madison, v. 8, n. 2, 1994.

SMITH, A.E. **The potential allelopathic characteristics of bitter sneezeweed (*Helenium amarum*).** *Weed Science*, Champaign, v. 37, n. 5, 1989.

SOMERVILLE, C.; BROWSE, J.; JAWORSKI, J.G.; OHLROGGE, J.B. **Lipids.** In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. (Eds.), **Biochemistry and molecular biology of Plants.** American Society of Plant Physiologists, Rockville, 2000.

SOUZA FILHO, A.P.; RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. **Efeito do potencial alelopático de três invasoras de pastagens.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.2, 1997.

SOUZA-SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. & ANTUNES, N. B. **Germinação de sementes emergências de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas que ocorrem em Matas de Galeria.** In: Ribeiro, J. F.; Fonseca, C. E. L. & Sousa-Silva, J. C. *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria.* Planaltina: EMBRAPA CERRADOS, 2001.

SOUZA, L. S.; VELINI, E.D.; MAIOMI-RODELLA, R.C.S. **Avaliação do efeito alelopático de 18 espécies de plantas daninhas sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis*.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. Resumos... Londrina: [s.n], 1993.

SOUZA, I. F. Alelopatia de plantas daninhas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 150, 1988.

SOUZA FILHO, A.P.da S.; ALVES, S.M. **Potencial alelopático de plantas de acapu (*Vouacapoua americana*): efeitos sobre plantas daninhas de pastagens.** *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.18, n.3, 2000.

SOUZA, et al. **Alelopatia do Extrato Aquoso de Folhas de Aroeira Na Germinação de Sementes de Alface.** Mossoró (RN): Revista Verde v. 2, n. 2, 2007.

SOUZA FILHO, A.P. da S.; ALVES, S. de M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

SOUZA FILHO, A.P. da S.; ALVES, S. de M. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 260p, 2003.

STOWE, L.G. **Allelopathy and its influence on the distribution of plants in Illinois old field.** *J. Ecol.*, v.67, 1979.

SUDA, C.N.K.; GIORGINI, J.F. **Seed Reserve Composition and Mobilization During Germination and Initial Seedling development of *Euphorbia heterophylla*.** *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, v. 12, n. 3, p.226-245, 2000.

SWAIN, T. **Secondary compounds as protective agents.** *Annual Review of Plant Physiology*, v.28, 1977.

SZCZEPANSKI, A.J. **Allelopathy asa mean of biological control of water weeds.** *Aquatic Bot.*, v. 3, 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 819p., 2009.

TAYLOR, R.J. & SHAW, D.C. **Allelopathic effects of Engelmann Spruce bark stilbenes and tannin-stilbene combinations on seed germination and seedling growth of selected conifers.** *Canadian Journal of Ecology*, 61, 1982.

THIMAN, R.V. **The physiology of plant growth and development**. New York: Ed. McGraw Hill, 1969.

THIMAN, R. V. **The physiology of plant growth and development**. New York: Ed. McGraw Hill Book, 1996.

TIGRE, C.B. **Silvicultura para as matas xerófilas**. Fortaleza: DNOCS, 175p., 1968.

TOLEDO, F. R. & MARCOS FILHO, J. **Manual de Sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronomia Ceres. 224p. 1977.

TOOLE, E.H.; TOOLE, V.K.; BORTHWICK, H.A.; HENDRICKS, S.B. **Interaction of temperature and light in germination of seeds**. Plant Physiology, v.30, 1965.

TOUCHELL D.H.; DIXON K.W. **Cryopreservation of seedbanking of Australian species**. Ann. Bot., 1994.

TOZZI, H. H. **Caracterização da mobilização das reservas das sementes do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* O. Deg) durante a germinação**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Rio Claro/SP, 2010.

TUKEY JÚNIOR, H.B. **Implications of allelopathy in agricultural plant science**. Botanical Review, Bronx, v. 35, n. 1, 1969.

VELINI, E.D. **Comportamento de herbicidas no solo**. In: CONGRESSO DE PLANTAS DANINHAS EM OLERÍCOLAS, 1991, Botucatu. Anais... Botucatu: SBPD, 1991

VICKERY, M.L.; VICKERY, B. **Secondary plant metabolism**. London: Mc Millan, 1981.

WARDLE, D.A. **Allelopathic in new Zeland pasture grassland ecosystem**. New Zeland Journal of Experimental Agriculture, v.15, 1987.

WALLER, G.R. Introduction. In: F.A. MACIAS; J.C.G. GALINDO; J.M.G. MOLINILLO & H.G. CUTLER (EDS.). **Recent advances in allelopathy**. Cádiz, Servicio de Publicaciones, Universidad de Cádiz, v.1., 1999.

WEIDENHAMER, J. D. **Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse**. *Agron. J.*, v. 88, n. 6, 1996.

WEIR, T. L.; PARK, S. W.; VIVANCO, J. M. **Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals**. *Curr. Opin. Plant Biol.*, v. 7, n. 4, 2004.

WESTON, L.A. **Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems**. *Agronomy Journal* 88, 1996.

WHITTAKER, R.H.; FEENY, P.P. **Allelochemicals: chemical interaction between species**. *Science*, [S.l.], v. 171, n. 3973, 1971.

YAMAGUHCI, Y. et al. **Emergence of proteases in germinating cucumber cotyledons and their roles in the two-step degradation of storage protein**. *Plant Cell Physiology*, v. 37, 1996.

YAZDI – SAMADI, B.; RINNE, R.W.; SEIF, R.D. **Components of developing soybean seeds oil, protein, sugars, starch, organic acids and amino acids**. *Agron J.* 69, 1977.

YOO, B.Y. **Ultrastructural Changes in Cells of Pea Embryo Radicles during Germination**. *J. Cell Biol.*, v.45, 1970.

ZIEGLER, P. **Carbohydrate degradation during germination**. In: Kigel, J.; Galili, Gad. *Seed development and germination*, 1995.

ZUCAS; S.NM.; LOURENÇO, E.J.; CAMPOS, M.A.P. Os feijões: valor nutritivo e substâncias indesejáveis. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Feijão*, Campinas, 1972.