

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE BOTUCATU

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

**EFEITOS DA *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith
EM ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO
DE SEMENTES**

ROZELI APARECIDA ZANON FELIX

**Dissertação apresentada ao Instituto
de Biociências, Câmpus de Botucatu,
UNESP, para obtenção do título de
Mestre em Ciências Biológicas
(Botânica), AC: Fisiologia Vegetal .**

BOTUCATU – SP

2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE BOTUCATU

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**EFEITOS DA *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith
EM ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO
DE SEMENTES**

ROZELI APARECIDA ZANON FELIX

PROF^a DR^a ELIZABETH ORIKA ONO

- ORIENTADORA -

**Dissertação apresentada ao Instituto
de Biociências, Câmpus de Botucatu,
UNESP, para obtenção do título de
Mestre em Ciências Biológicas
(Botânica), AC: Fisiologia Vegetal .**

BOTUCATU – SP

2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO
E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE
BOTUCATU – UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Felix, Rozeli Aparecida Zanon

**EFEITOS DA *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith EM ASPECTOS
FISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES/ Rozeli Aparecida Zanon
Felix– 2007.**

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências
de Botucatu, 2007.**

Orientadora: Elizabeth Orika Ono

Assunto CAPES: 20303009

1. Fisiologia vegetal

CDD 581.1

Palavras-chave: cumarina, desenvolvimento, alelopatia, metabolismo.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho,

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

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

Aos meus 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

Foram muitas as pessoas que de alguma maneira ou em algum momento contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, seja no fornecimento de insumos para a pesquisa ou simplesmente me ouvindo nos momentos de incertezas, e suprimdo-me com o carinho e atenção essenciais. **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.

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 dois anos;

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

Aos amigos do grupo de pesquisa, **Tatiana, Cristiano** e em especial, **Cristiane**, pela parceria na “construção do conhecimento” e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Professor Doutor **João Domingos Rodrigues**, pelos ensinamentos e pela amizade;

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;

À minha Professora de Graduação em Biologia, **Hadhayde**, que serviu de inspiração;

À Professora **Andréa Leão**, do Colégio Lumen Objetivo, pelo apoio e colaboração;

À todos os **Funcionários do Departamento de Botânica**, em especial **Maria Helena**, pelo apoio e amizade;

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

Ao Prefeito Municipal de Bernardino de Campos, Sr. **Moacir Beneti**, pelo apoio durante a realização deste trabalho;

À Secretária Municipal de Educação, Professora **Eunice**, pelo carinho, compreensão, apoio e amizade;

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

À **Dorocéli**, do Colégio Lúmen Objetivo, pela oportunidade de iniciar minha carreira de docente, pelo incentivo e amizade;

À Diretora do Colégio Educacional Bambino-POSITIVO, **Gláucia**, pelo apoio e liberação das aulas, para poder cursar o mestrado;

A **todos os colegas** do Departamento de Botânica, com os quais tive o prazer de conviver durante estes dois anos, em especial **Jeferson e Débora**;

Ao meu esposo **Luiz Sérgio**, que deixou seus sonhos para que eu sonhasse, que acreditou em mim, incentivando-me e apoiando-me ao longo dessa trajetória;

Aos meus queridos filhos, **Larissa Cristina** e **Matheus Henrique**, pelo carinho e pela compreensão da minha ausência;

Aos **meus familiares** pelo apoio, incentivo e amor;

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

SUMÁRIO

RESUMO	01
ABSTRACT	02
1. INTRODUÇÃO	03
2. REVISÃO DE LITERATURA	05
2.1. Alelopatia	05
2.2. Alelopatia e seus efeitos	09
2.3. Natureza e função das substâncias alelopáticas	12
2.4. Vias de liberação e fatores que afetam a produção de aleloquímicos.....	13
2.5. Mecanismos de ação e funções dos compostos alelopáticos	15
2.6. Cumarina	16
2.7. <i>Amburana cearensis</i> A.C. Smith	16
2.8. Germinação de Sementes	20
3- CAPÍTULO I. Efeitos alelopáticos de extratos de <i>Amburana cearensis</i> na germinação de sementes de rabanete e alface	24
4- CAPÍTULO II. Influência de extratos de <i>Amburana cearensis</i> (Fr. All.) A.C. Smith no teor de proteínas e amido em sementes de rabanete e alface	43
5-CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6- CONCLUSÕES GERAIS	59
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS	60
8 – ANEXOS	79

FELIX, R.A.Z. **Efeitos da *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith em aspectos fisiológicos da germinação de sementes.** 2007. 83p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

RESUMO- O trabalho objetivou avaliar os efeitos alelopáticos de extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith, sobre a germinação de sementes de rabanete e alface e sua influência sobre o metabolismo de proteínas e amido nessas sementes, 0, 6, 12 e 24 horas após o início da germinação. Os bioensaios de germinação foram conduzidos em câmara de germinação do Departamento de Botânica e o de análise dos teores de amido e proteínas no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu (SP), utilizando os seguintes tratamentos para germinação: T1 (testemunha: água destilada); T2 (cumarina 100 mg L⁻¹); T3 a T6 (5, 10, 20 e 40 g, respectivamente, de semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada); T7 (testemunha: 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada); T8 a T11 (5, 10, 20 e 40 g, respectivamente, de semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada). Sementes de rabanete e alface foram colocadas em placas de Petri contendo papel de filtro como substrato e umedecidas com 5 mL dos tratamentos. As seguintes características foram observadas: porcentagem de sementes germinadas, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da radícula e parte aérea e porcentagem de plântulas normais. Os extratos aquosos e metanólicos, em concentrações mais elevadas, promoveram maior poder alelopático sobre a germinação das sementes de rabanete e alface, assim como, no desenvolvimento das plântulas formadas que apresentavam necrose radicular. Para o experimento de metabolismo, sementes de rabanete e alface foram tratadas com os seguintes tratamentos: T1 (testemunha: água destilada); T2 (cumarina 100 mg L⁻¹); T3 e T4 (20 e 40 g, respectivamente, de semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada) para sementes de rabanete e T1 (testemunha: água destilada); T2 (cumarina 100 mg L⁻¹); T3 (10 g semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada) e T4 (10 g semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada) para alface. Avaliando-se os teores de proteínas e amido a 0, 6, 12 e 24 horas após o início da germinação, foi possível observar variação no teor de proteína e amido nas sementes de rabanete e alface ao longo do período de avaliação.

Palavras-chave: cumarina, desenvolvimento, alelopatia, metabolismo.

FELIX, R.A.Z. *Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith effects in physiological process of the seed germination. 2007. 83p. Dissertation (M.Sc.) – Institute of Bioscience, UNESP – São Paulo State University, Botucatu.

ABSTRACT – The present study aimed to evaluate the allelopathic effects of aqueous and methanolic extract of *Amburana cearensis* (Fr All) Ac Smith on radish and lettuce seed germination as well as their influence on the proteins and starch metabolism on these seeds, observed in four moments: 0, 6, 12 and 24 hours after the germination beginning. The germination bioassays were conducted in the germination chamber of the Botanic Department and the metabolism experiment in the Department of Biochemistry Institute of Biosciences UNESP, São Paulo State University, Botucatu (SP). The following germination treatments were used: T1 (control: distilled water); T2 (coumarin 100 mg L⁻¹); T3 to T6 (5,10,20 and 40 g, respectively of *Amburana cearensis* ground seeds L⁻¹ of distilled water), T7 (control: 100 mL of methanol L⁻¹ of distillate water); T8 a T11 (5,10, 20 and 40 g, respectively of *Amburana cearensis* ground seeds + 100 mL of methanol L⁻¹ of distilled water). Radish and lettuce seeds were put in plates containing filter paper as substract and moistened in 5 mL of the treatment. The following characteristics were observed: percentage of germinated seeds, germination velocity index, small root and aerial part length and normal plants percentage. The aqueous and methanolic extracts in increased concentrations, foment an allelopathic power raise on radish and lettuce seed germination likewise in the development of grown plants that showed necrosis in the small roots. For the metabolism experiment, radish and lettuce seeds were treated with the following treatments: T1 (control: distilled water); T2 (coumarin 100 mg L⁻¹); T3 and T4 (20 and 40 g, respectively of *A. cearensis* ground seed L⁻¹ distilled water) for radish seeds. Regarding to lettuce the treatment was T1 (control: distilled water); T2 (coumarin 100 mg L⁻¹); T3 (10 g of *A. cearensis* ground seed L⁻¹ of distilled water) and T4 (10g of *A. cearensis* ground seeds + 100 mL of methanol L⁻¹ of distilled water). Estimating the starch and proteins quantity in 0, 6, 12, 24 hours after the germination beginning, was possible to observe the variation in the starch protein quantity in radish and lettuce seeds all along the evaluation periods.

Key words: coumarin, development, allelopathy, metabolism.

1. INTRODUÇÃO

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

Ao longo dos anos, tem-se comprovado que as plantas produzem substâncias químicas com propriedades que afetam benéfica ou maleficamente, algumas espécies de plantas. A esse fenômeno deu-se o nome de alelopatia e às substâncias responsáveis por essas propriedades, de aleloquímicos. Esses compostos estão distribuídos em concentrações variadas nas diferentes partes da planta e durante o seu ciclo de vida. Os aleloquímicos quando liberados 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 microrganismos (Carvalho, 1993).

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.

Os efeitos alelopáticos são mediados por compostos secundários pertencentes a diversas classes de compostos químicos dentre eles, fenóis, terpenos, alcalóides, taninos, cumarinas, esteróides, flavonóides, poliacetilenos, ácidos graxos, peptídeos e outros (Putnam & Duke, 1978).

A presença de *Kalmia angustifolia* L. impediu o estabelecimento de mudas de *Picea marítima* num programa de reflorestamento na América do Norte (Melkania, 1992). Em plantios mistos de *Juglans nigra* L. e *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. foi observado que, após 8 anos, todas as plantas da segunda espécie morreram, começando pelos ramos pequenos, depois pelos galhos, tendo sido determinada a causa da morte como proveniente de aleloquímicos produzidos pela primeira espécie, que se acumulavam na serrapilheira (Rietveld et al., 1983).

No Brasil, os estudos com alelopatia são, muitas vezes, restritos às espécies de *Eucalyptus* (Alves et al., 1999), ou à influência de plantas cultivadas e invasoras sobre os

cultivos, principalmente em manejo com rotação de culturas (Ferreira & Aquila, 2000). Em espécies do cerrado foi demonstrado que extratos de *Calea cuneifolia* DC. (Coutinho & Hashimoto, 1971) e *Wedelia paludosa* DC. (Barbosa, 1972) inibiam a germinação de sementes de tomate.

Existe um grande interesse em reduzir invasões de plantas ditas infestantes, pois estas representam um dos principais problemas da produção agrícola. Um manejo inadequado dessas plantas pode provocar a perda da qualidade das lavouras e a diminuição da produtividade, em decorrência da competição por água, luz e nutrientes. Pode ainda, hospedar ou transmitir pragas e doenças, além de dificultar a aplicação de tratos culturais e fitossanitários.

O controle destas espécies deve ser efetuado não com o intuito de erradicá-las completamente, pois algumas espécies trazem benefícios para a lavoura, como a proteção do solo contra a erosão, a reciclagem e disponibilidade de nutrientes, o fornecimento de matéria orgânica, a diminuição da temperatura do solo com maior retenção de umidade e a conseqüente melhoria na estruturação do solo (Santos et al., 2002).

A utilização de herbicidas tem se apresentado como única ferramenta no controle de algumas espécies de plantas infestantes. E o uso indiscriminado destes produtos tem despertado uma grande preocupação por parte de diversos países devido as conseqüências ambientais e a contaminação dos alimentos (Carvalho et al., 2002).

Atualmente, têm se investigado bastante a pontecialidade alelopática de plantas medicinais. Uma vez determinada esta característica em uma espécie, através de testes de laboratório e de campo, os resultados poderão servir como uma opção a mais a ser utilizada no controle de plantas infestantes.

A *Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith, conhecida popularmente no Brasil como cumaru, amburana de cheiro e cumaru do Ceará, pertence a família das Leguminosae-Papilonoideae, é uma espécie típica da região nordeste, muito rica em cumarina, composto fenólico inibidor natural do processo da germinação (Berrie et al., 1968; Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975), o qual interfere, também, em outros processos fisiológicos da planta (Knypl, 1960, 1971; Thiman, 1969).

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos alelopáticos de extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith sobre a germinação de sementes de rabanete e alface e a influência desses extratos no teor de amido e proteínas dessas sementes durante o processo de germinação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Alelopatia

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) e Stickney & Hoy (1881), citados por Rice (1984).

O termo alelopatia foi definido por Molish (1937), a partir das palavras gregas *allelon* (mútuo) e *pathos* (prejuízo), para englobar todas as interferências entre plantas, provocadas pela liberação de substâncias químicas por elas elaboradas, através de tecidos vivos ou mortos. Embora essa definição englobe tanto interações prejudiciais como benéficas, a palavra alelopatia passou a ser utilizada como uma conotação restrita aos efeitos prejudiciais, diretos ou indiretos de uma planta sobre a outra, através da produção de compostos químicos liberados no ambiente (Rice, 1974).

Por sua vez, Whittaker (1970) conceituou alelopatia como sendo uma forma de interação que envolve as plantas superiores, caracterizando-se pela elaboração de produtos químicos por uma espécie, que inibe a germinação ou o crescimento de outras espécies geograficamente próximas.

Conforme relato de Sarasola (1977), os fitopatologistas quando empregam o termo alelopatia, referem-se, geralmente, aos efeitos nocivos que certos produtos químicos, eliminados no ambiente por certas plantas, têm sobre outras da mesma comunidade ou sobre si mesma. A produção de substâncias que interferem, direta ou indiretamente, no crescimento e desenvolvimento normal das plantas, é um caráter indispensável para considerar os vegetais invasores como alelopáticos. Portanto, não devem ser incluídos como tais, espécies que interferem no desenvolvimento normal de outras espécies do mesmo habitat e que competem pela luz, água e nutrientes.

O termo alelopatia é pouco conhecido, conforme relato de Drost & Doll (1980), entretanto, esse desconhecimento não é devido ao fato de ter sido descoberto recentemente. O fenômeno em si é conhecido como um fator importante na produção de culturas e controle de ervas daninhas, há muito tempo, tanto que Sarasola (1977) refere que os japoneses constataram a ocorrência de alelopatia em *Pinus desinflora*, através de um documento de autoria de Banzan Kumazawa escrito há cerca de 300 anos.

Rice (1984) define a alelopatia como qualquer efeito direto ou indireto, benéfico ou prejudicial, de uma planta ou de microrganismos sobre outra planta, mediante produção de compostos químicos que são 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.

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 nas diferentes partes 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 microrganismos (Carvalho, 1993).

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 de sistema radicular, observando a influência desses extratos sobre a germinação e o crescimento da radícula (Luu et al., 1982; Putnam, 1985; Inderjit & Dakshini, 1990). Embora sejam atribuídas que as respostas de sementes e plântulas aos extratos vegetais sejam devido à 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; Henn et al., 1988).

Por definição, a alelopatia ocorre no ecossistema (Putnam & Duke, 1978) e os dados obtidos em estudos de laboratório podem indicar, apenas, uma resposta de potencial alelopático (Smith & Martin, 1994). Mas, respostas específicas de determinada planta e estruturas químicas, são facilmente identificadas em laboratório.

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, 2002). Além disso, substâncias orgânicas no solo estão ligadas às partículas do solo e podem ser rapidamente degradadas pelos microrganismos (Dao, 1987).

A alelopatia tem recebido muita atenção nas duas últimas décadas como forma de explicar o padrão vegetativo nas comunidades vegetais (Muller, 1969; 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 na agricultura, para prevenir perdas na produção da cultura.

Segundo Einhellig & Leather (1988), os problemas com plantas daninhas têm sido tratados somente sob o ponto de vista da competição, e em nenhuma abordagem têm sido investidas 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. A liberação desses aleloquímicos, em condições de campo, ocorre por

exsudação de raízes vivas e pela decomposição dos resíduos vegetais (Bhowmik & Doll, 1982; Putnam & Tang, 1986; Inderjit & Dakshini, 1992).

Compostos alelopáticos podem ser liberados na natureza por exsudatos ou por decomposição das plantas ou parte 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).

Harbone (1988) afirma que muitos compostos secundários sintetizados pelas plantas inibem a germinação de sementes. Essa inibição química pode se dar pela competição por umidade, luz ou nutrientes com plantas vizinhas de outra espécie ou da mesma espécie.

Pesquisas na área da alelopatia iniciaram-se, principalmente, em 1940 (Evenari, 1940, 1949; Bonner & Galston, 1944; Bonner, 1946), continuando-se, eventualmente, até 1960 com pesquisas realizadas por Muller (1966). Muitas dessas pesquisas têm sido 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 parte da planta.

Existe interesse tanto acadêmico como aplicado na pesquisa dos efeitos alelopáticos. Em nível acadêmico, a alelopatia é bastante estudada para avaliar o papel das populações vegetativas naturais ou comunidades, e no aspecto aplicado, esses estudos objetivam desenvolver, principalmente, formas de controle biológico de plantas daninhas (Putnam, 1983; Leather, 1983).

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 microrganismos, 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; Vilhordo et al., 1985; 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).

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).

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 (2002), 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, 2000).

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).

Santos (2002) relatou que os metabólitos secundários são produtos, embora não necessariamente essenciais ao organismo vegetal, que garantem vantagens para sua sobrevivência e para a perpetuação de sua espécie no habitat natural.

2.2- Alelopatia 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.

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. Já, outros, 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. Putman & 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 a seca, frio e carência nutricional, verificados também por Chou & Kuo (1986).

Segundo Whittaker & Feeny (1971), muitas interações de ataque e defesa, bem como respostas comportamentais que não envolvam forças físicas, mas compostos químicos, podem afetar o crescimento, o estado sanitário, o comportamento ou a biologia da população de outras espécies.

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:

a) um inibidor químico efetivo esteja sendo produzido e ocorra numa concentração potencialmente efetiva no solo;

b) 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. promoveu 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 das plantas de eucalipto, respectivamente.

A inibição alelopática sobre a absorção iônica pode ser devido ao prejuízo ou a despolarização das membranas celulares das raízes. Esse efeito altera as funções celulares que interferem não somente com o acúmulo de íons, mas também com reações da fotossíntese e acoplamento respiratório (Glass & Dunlop, 1974; Balke, 1985).

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 meio ambiente (Rice, 1979).

2.3- 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 freqüentemente 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 microrganismos, certas invasoras, uma cultura anterior ou mesmo a cultura atual. Similarmente, as espécies afetadas podem ser os microrganismos, as invasoras ou a cultura (Einhellig, 1996).

Vários tipos de compostos orgânicos foram identificados como aleloquímicos, produzidos por microrganismos 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 parasórbico;
- 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, microrganismos, insetos e até com animais superiores, incluindo o homem (Durigan & Almeida, 1993).

Os compostos químicos liberados pelas plantas ou microrganismos no ambiente e que causam efeitos benéficos ou deletérios sobre outras plantas ou microrganismos 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).

2.4- 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).

Os compostos alelopáticos podem ser liberados das plantas por lixiviação a partir dos tecidos, volatilização, exsudação pelas raízes e decomposição de resíduos da planta (Souza, 1988; Rodrigues et al., 1992; Weidenhamer, 1996), do seguinte modo:

- 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 pécnicas, 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 (CO₂), a amônia (NH₃), 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 microrganismos (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 microrganismos (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, freqüentemente, 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 a 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.

2.5- Mecanismos de ação e funções dos compostos alelopáticos

Os conhecimentos 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).

Via de regra, 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 das 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 causa alelopatia, indicam 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. Rice (1984) menciona que os efeitos podem ocorrer sobre:

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

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

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 conter 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 microrganismos 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).

2.6-Cumarina

A cumarina é um composto fenólico inibidor natural da germinação, amplamente conhecido, com amplo espectro de ocorrência. Além de seus efeitos como inibidora de 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 diminuição da percentagem e da 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.

2.7- *Amburana cearensis* A.C. Smith

Amburana cearensis (Fr. All.) A.C. Smith popularmente conhecida como cumaru, amburana de cheiro e cumaru-do-Ceará (**Anexo 1**), 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 a recuperação de áreas degradadas.

A Amburana é mais conhecida como cumaru, é uma árvore silvestre, própria da caatinga nordestina também referida como amburana e amburana-de-cheiro. 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 anti-espasmódicas, emenagogas e para o tratamento de doenças reumáticas (Tigre, 1968; Braga, 1976).

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. O banho com o cozimento das cascas é usado para tratar dores reumáticas.

A região semi-árida ocupa áreas consideráveis de todos os estados do Nordeste brasileiro e se estende até Minas Gerais, abrangendo cerca de um milhão de km². A vegetação dominante nesta área é denominada caatinga, excessivamente heterogênea quanto à fisionomia e estrutura, constituída de arvoretas e arbustos decíduos durante a seca, cactáceas, bromeliáceas e ervas, quase todas anuais (Rizini, 1979).

A importância da vegetação nativa desta região é indiscutível, devido a sua multiplicidade de usos, tais como energético, forrageiro, alimentar, medicinal e madeireiro, assim como, para o equilíbrio ecológico. A exploração exercida neste meio tem relação direta com o grau de utilidade das espécies. Por ser essencialmente extrativista, resulta em problemas graves para as espécies mais procuradas. Neste sentido, é necessária a realização de estudos básicos sobre as espécies que compõem este complexo vegetacional, de modo a ampliar o conhecimento de tais espécies.

Cunha & Ferreira (2003) estudaram os aspectos morfológicos da semente e o desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* e chegaram aos seguintes resultados:

a) Quanto à morfologia da semente- A semente é 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. Em seção transversal é elíptica com lados ovalados e em seção longitudinal é oblonga. O hilo é bem visível, homócromo (sem a camada pulverulenta do endocarpo), localizado lateralmente, próximo à base da semente, numa região mais escura e mais proeminente. A forma do hilo varia entre ovalado e elíptico, sendo na maioria das vezes orbicular e apresenta fenda longitudinal, que é típica da subfamília (Barroso, 1984). O comprimento do hilo varia de 1,25 a 3,10 mm e a largura varia de 1,3 a 2,0 mm. Após a retirada do tegumento fica evidente a marca do hilo no embrião. A calaza localiza-se acima do hilo e é pouco perceptível e a micrópila, localiza-se numa protuberância abaixo do hilo, em oposição à calaza, sendo, na maioria das vezes, imperceptível, devido à camada pulverulenta que recobre a testa. O embrião é axial, invaginado, com cotilédones de forma ovóide, elíptica e oblonga, planos, carnosos, amarelados, lisos, com ápice arredondado e base obtusa. O eixo hipocótilo-radícula é infletido, cônico, curto, articulado entre os lóbulos dos cotilédones e o pólo radicular é mais externo à semente, sendo a semente exalbuminosa.

A ala, que é formada pelo endocarpo adnato, característico de criptosâmaras (Gunn, 1981; Barroso, 1984), localiza-se no ápice da semente, de coloração bege claro, nervura dorsal bem saliente, textura membranácea, quebradiça, persistente, com comprimento variando de 25,05 a 46,65 mm. Tal estrutura demonstra aspecto evolutivo para a dispersão anemocórica (Barroso, 1999). Em analogia à descrição de Vidal (1978) pode ser considerada como paranuclear, em função da posição que ocupa na semente.

b) Quanto ao desenvolvimento da plântula- A germinação tem início com a emissão da raiz primária 5 dias após a semeadura, de coloração amarelo creme, rompendo o tegumento na base da semente, próximo ao hilo; a raiz primária é sinuosa e apresenta pêlos simples, pouco visíveis e esparsos, de coloração branca. Posteriormente, adquire coloração amarelo pardo, tendo início a formação de raízes secundárias. O hipocótilo é curto, cilíndrico e com lenticelas, próxima à inserção dos cotilédones. Os cotilédones são de coloração amarelo creme, envolvidos pelo tegumento; quando rompem o tegumento, são opostos, unilaterais, isófilos, adquirindo coloração verde, com bordo inteiro, sem nervação, passando de sub-sésseis a curto peciolados. O epicótilo é visível a partir do 8º

dia de semeadura, tendo inicialmente coloração amarelada, cilíndrico, liso, brilhante e quando se inicia a formação dos protófilos, adquire coloração verde claro, com densa pilosidade esbranquiçada, somente visto sob lupa e apresenta catáfilo na sua porção mediana, sendo este séssil e lanceolado. Os protófilos são opostos e, às vezes, alternos, compostos pinados, imparipenados, curto peciolados com 3 a 5 folíolos. Os folíolos são discolors, curto peciolados, elípticos, margem inteira, ápice agudo e base obtusa, pilosos na face abaxial, nervação peninérvea, com nervuras secundárias e terciárias pouco evidentes. A gema apical apresenta-se bem desenvolvida desde o início da germinação e pode ser vista quando se promove a abertura dos cotilédones.

De acordo com a classificação de Miquel (1987), a espécie apresenta germinação do tipo semi-hipógea fanero-cotiledonar.

c) Quanto aos aspectos morfológicos da planta jovem- A raiz primária apresenta coloração amarelo pardo e, nesta fase, aumenta a intensidade de raízes secundárias e terciárias. Após 116 dias em viveiro foi observado que a raiz principal sofreu um espessamento, formando uma tuberosidade. O caule jovem apresenta coloração verde escuro, cilíndrico, com densa pilosidade esbranquiçada e com catáfilo presente que deixa cicatriz após a sua queda. As folhas são compostas pinadas, com 5 a 9 pinas, alternas, longo pecioladas, imparipenadas e raras vezes paripenadas na mesma muda. O pecíolo é de coloração verde, piloso, com púlvino. Os folíolos são curto-peciolados, elípticos, com base obtusa e ápice agudo, margem inteira, nervação peninérvea evidente na face abaxial, ao contrário da adaxial e apresentam pêlos simples. Os cotilédones, quando caem, deixam cicatriz no caule. Numa das matrizes constatou-se heterofilia.

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

2.8- Germinação de Sementes

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 tricarboxílico 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* (Macías et al., 1993) que são ricas em compostos fenólicos, inibem a germinação de sementes de diferentes espécies.

As enzimas cuja atividade foi mais inibida pelos compostos fenólicos presentes em extratos de solo de *Pinus laricio* foram a glicose-6-fosfato dehidrogenase (86%), glicose-fosfato isomerase (86%) e aldolase (62%) pelos compostos fenólicos de extratos de solo de *Fagus sylvatica* (Muscolo et al., 2001). Segundo os mesmos autores, as enzimas que são mais inibidas pelos compostos fenólicos são a aldolase e a glicose fosfato isomerase

glicólise e a glicose-6-fosfato dehidrogenase envolvida na primeira fase da via pentose-fosfato.

Para muitos dos fenólicos, a faixa de bioatividade está entre 0,1 e 1mM (Einhellig, 1995).

Outros compostos com forte capacidade de inibição da germinação são as furanocumarinas, cumarinas, ácido cinâmico, catecol, ácido p-hidroxibenzóico, flavonóis e proantocianidinas (Oden et al., 1992; Li et al., 1993). Mas, em muitos casos, o efeito é o resultado da interação de todos esses compostos. Assim, ácido cinâmico, ácido p-cumárico e cumarinas apresentam inibição aditiva (Li et al., 1993). Ácido caféico e ácido ferúlico apresentam efeitos similares sobre o crescimento de plântulas, promovendo o crescimento a baixas concentrações e inibindo a altas concentrações (Li et al., 1993). 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; Lyu et al., 1990).

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

Bonasera et al. (1979) verificaram que extrato de folhas de *Ambrosia trifida* L. e de folhas e pecíolos de *Peltandra virginica* Kunth. diminuíram a germinação e o crescimento do sistema radicular de alface, tomate, rabanete e pepino. Já o extrato de folhas de *Bidens laevis* foi, em geral, inibidor, enquanto que o extrato de hastes da mesma espécie inibiu somente a germinação e o desenvolvimento da alface (Bonasera et al., 1979). Os testes com extratos de folhas de *Typha latifolia* L. mostraram ser responsáveis pela inibição do desenvolvimento e da germinação de sementes de rabanete.

A presença de atividade alelopática em cinco espécies de Gleicheniaceae (*Dicranopteris flexuosa* (Schrader) Underw., *Gleicheniella pectinata* (Willd.) Ching, *Sticherus bifidus* (Willd.) Ching, *Sticherus penniger* (Mart.) Copel. e *Sticherus*

nigropaleaceus (Sturm.) J. Prado & Lellinger) foi investigada através da ação de extratos aquosos de frondes verdes e senescentes sobre a germinação e desenvolvimento radicular de alface (*Lactuca sativa* L. cv. Grand Rapids). Observou-se redução significativa da germinação e do crescimento radicular na maioria dos tratamentos. De maneira geral, os extratos aquosos de frondes verdes mostraram-se mais ativos (Soares & Vieira, 2000).

Hall et al. (1982) verificaram que compostos fenólicos equivalente ao ácido clorogênico inibiram a germinação de sementes de *Amaranthus retroflexus*, mas o mesmo na forma pura não inibiu a germinação desta mesma espécie.

Experimentos feitos com a incorporação de plantas de *Cyperus rotundus* L. ao solo mostraram inibição da germinação de sementes de tomateiro, pimenta, sorgo e *Celosia argentea*, em condições de casa de vegetação, evidenciando significativo efeito alelopático (Castro et al., 1983).

Chung & Miller (1995) avaliaram o efeito alelopático dos extratos aquosos das gramíneas forrageiras *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Agrostis gigantea*, *A. alba*, *Phalaris arundinacea*, *Sorghum bicolor* e *Lolium perenne* sobre sementes de alfafa e observaram que todos os extratos reduziram a germinação de suas sementes, exceto os extratos de *A. gigantea* e *P. arundinacea*. Os extratos de *F. arundinacea* e de *B. inermis* causaram maior redução na porcentagem de germinação das sementes.

O potencial alelopático de *Empetrum hermaphroditum* é bastante alto apresentando forte efeito inibitório sobre a germinação de sementes e crescimento das raízes de *Pinus silvestris* L. e *Populus tremula* L. O teste dose-resposta mostra que extratos bastante diluídos já apresentam forte impacto sobre a germinação de sementes e no desenvolvimento das raízes. Muitas plântulas perdem a capacidade para desenvolver-se normalmente como resultado da redução do alongamento radicular e da necrose das raízes (Zackrisson & Nilsson, 1992).

O potencial alelopático de *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha* sobre a germinação e o vigor de sementes de guandu (*Cajanus cajan*) foi avaliado por Fagioli et al. (1997). Foram utilizados extratos aquosos das braquiárias, nas concentrações de 1, 2, 3, 4 e 5% v/v, em laboratório. Verificou-se que os extratos de ambas as braquiárias apresentaram efeito inibitório no comprimento e produções de matéria seca da radícula e da parte aérea.

Segundo Cazón et al. (2000), extratos de *Baccharis boliviensis* inibem a germinação de sementes de *Trichocerus pasacana*, apresentando efeito alelopático negativo sobre essa espécie. Ainda segundo esses autores e Turner et al. (1993), o ácido

ferúlico identificado no extrato, presente nas paredes celulares é um dos metabólitos responsáveis por esse efeito.

Os aleloquímicos são conhecidos serem seletivos e segundo Rice (1986), os exsudatos das raízes das plantas podem estimular a germinação de sementes, mas o mecanismo pelo qual essas substâncias atuam, ainda é desconhecido (Siqueira et al., 1991) e muitos aleloquímicos estão envolvidos nas respostas alelopáticas.

3. CAPÍTULO I

**Efeitos alelopáticos de extratos de *Amburana cearensis*
na germinação de sementes de rabanete e alface**

Efeitos alelopáticos de extratos de *Amburana cearensis* na germinação de sementes de rabanete e alface

Rozeli Aparecida Zanon Felix, Elizabeth Orika Ono, Francisco Pinheiro de Araújo

RESUMO- O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos alelopáticos de extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith, sobre a germinação de sementes de rabanete e alface. Os bioensaios foram conduzidos em câmara de germinação do Laboratório de Germinação do Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu (SP), utilizando os seguintes tratamentos: T1 (testemunha: água destilada); T2 (cumarina 100 mg L⁻¹); T3 a T6 (5, 10, 20 e 40 g, respectivamente, de semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada); T7 (testemunha: 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada); T8 a T11 (5, 10, 20 e 40 g, respectivamente, de semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada). Sementes de rabanete e alface foram colocadas em placas de Petri contendo papel de filtro como substrato e umedecidas com 5 mL dos tratamentos. Para a avaliação do efeito dos tratamentos foi observada a porcentagem de germinação de sementes, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da radícula e parte aérea e porcentagem de plântulas normais. Os resultados mostraram que os extratos aquosos e metanólicos, em concentrações mais elevadas, exerceram maior poder alelopático sobre a germinação das sementes de rabanete e alface, assim como, no desenvolvimento das plântulas formadas, as quais apresentavam necrose radicular.

Palavras-chaves: cumarina, desenvolvimento, índice de velocidade de germinação

Allelopathic effects of *Amburana cearensis* extract in the radish and lettuce seed germination

Rozeli Aparecida Zanon Felix, Elizabeth Orika Ono, Francisco Pinheiro de Araújo

ABSTRACT- The target of the present study was to evaluate the allelopathic effects of aqueous and methanolic *Amburana cearensis* seeds (Fr. All.) AC Smith, on radish and lettuce seed germination. The bioassays were directed in the germination chamber of the Botanic Department – Institute of Biosciences – Unesp – São Paulo State University, Botucatu, using the following treatments: T1 (control: distilled water); T2 (coumarin 100 mg L⁻¹); T3 to T6 (5, 10, 20 and 40 g, respectively of *A. cearensis* ground seeds L⁻¹ of distilled water); T7 (control: 100 mL of methanol L⁻¹ distilled water); T8 to T11 (5, 10, 20 and 40 g, respectively of *A. cearensis* + 100 mL of methanol L⁻¹ of distilled water). Radish and lettuce seeds were put in Petri dishes containing filter paper as substrate and moistened

in 5 mL of the treatment. In the treatment effect evaluation it was observed the percentage of seed germination, germination velocity index, root and shoot length and normal plants percentage. The results showed that aqueous and methanolic extracts in increased concentrations foment an allelopathic power raise on radish and lettuce germination as well as in the development of the growth plants which showed a necrosis of the small root.

Key words: coumarin, developement, germination, velocity index.

1. INTRODUÇÃO

A Sociedade Internacional de Alelopatia tem definido a atividade alelopática como um processo envolvendo metabólitos especiais (aleloquímicos) produzidos por plantas, microrganismos, vírus e fungos que influenciam no crescimento e desenvolvimento de sistemas agrícolas e biológicos (Torres et al., 1996).

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 uma alternativa estratégica, principalmente para o controle de ervas daninhas, de insetos e de doenças.

Diversas classes de substâncias naturais como, taninos, glicosídeos cianogênicos, alcalóides, sesquiterpenos, flavonóides e ácidos fenólicos possuem atividade alelopática (King & Ambika, 2002).

Segundo Richardson & Williamson (1988), a ação das substâncias aleloquímicas não é muito específica, podendo uma mesma substância desempenhar várias funções, dependendo de sua concentração e composição química.

A incorporação de substâncias com atividades alelopáticas na agricultura podem reduzir o uso de herbicidas sintéticos e fungicidas acarretando menos danos ao meio ambiente. O uso excessivo de agroquímicos causa danos ambientais, atuando no balanço de microrganismos do solo, deficiência de nutrientes e mudanças nas propriedades físico-químicas do solo, resultando na diminuição da produtividade da colheita (Chou, 1999).

Baseando-se na resistência ou tolerância de certas espécies aos metabólitos secundários com função de aleloquímicos, foram padronizadas algumas espécies como plantas indicadoras ou plantas-teste, como é o caso da alface (*Lactuca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.), entre outras. Estas espécies são bastante sensíveis aos aleloquímicos, possuindo ainda, rápida e uniforme germinação e um grau de sensibilidade

com o qual se permitem expressar resultados a baixas concentrações (Ferreira & Áquila, 2000).

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos alelopáticos de extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith sobre a germinação de sementes de rabanete e alface, em diferentes concentrações, a fim de evidenciar o efeito alelopático desses extratos sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas destas espécies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em câmara de germinação do Laboratório de Germinação do Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu (SP).

2.1. Sementes testes

Foram utilizadas sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivar Redondo Vermelho e de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivar Salad Bowl, certificadas pela Hortec Sementes Ltda.

2.2. Obtenção dos Extratos

Sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith foram obtidas da região semi-árida 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 20 mesh.

Com o moído das sementes foram preparados os extratos aquosos e metanólicos. Para os extratos aquosos o moído das sementes foi fervido em água destilada por 5 minutos e resfriado em temperatura ambiente. Para os extratos metanólicos, o moído foi colocado em 100 mL de metanol por 12 horas.

Ambos os extratos foram filtrados em papel de filtro e o volume completado para 1 L com água destilada, sendo os extratos armazenados em geladeira até o momento de sua utilização.

2.3. Tratamentos

Para verificar o efeito do extrato de sementes de *A. cearensis* na germinação e no desenvolvimento de plântulas de rabanete e alface, foram utilizados os seguintes tratamentos:

T1- testemunha (água destilada);

T2- cumarina a 100 mg L^{-1} ;

T3- 5 g da semente moída de *A. cearensis* L^{-1} de água destilada;

T4- 10 g da semente moída de *A. cearensis* L^{-1} de água destilada;

T5- 20 g da semente moída de *A. cearensis* L^{-1} de água destilada;

T6- 40 g da semente moída de *A. cearensis* L^{-1} de água destilada;

T7- testemunha (100 mL de metanol L^{-1} de água destilada);

T8- 5 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L^{-1} de água destilada;

T9- 10 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L^{-1} de água destilada;

T10- 20 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L^{-1} de água destilada;

T11- 40 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L^{-1} de água destilada.

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

2.4. Instalação e condução do experimento

Sementes de rabanete e alface foram semeadas em placas de Petri contendo duas folhas de papel de filtro e umedecidas com 5 mL dos tratamentos e cobertas com uma folha de papel de filtro. 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.

2.5. Características estudadas

O efeito dos extratos sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de rabanete e alface foi avaliado pelas seguintes observações: **a)** porcentagem de germinação de sementes (%G), realizada através da contagem diária do número de sementes germinadas, considerando-se como semente germinada aquela que apresentou 3 mm de radícula, durante 7 dias após a semeadura; **b)** índice de velocidade de germinação (IVG), durante sete dias, determinado segundo equação proposta por Maguire (1962); **c)** comprimento da raiz primária, medida dois dias após a semeadura, com o auxílio de paquímetro digital, sendo os dados expressos em cm; **d)** comprimento da parte aérea, medido aos 4 dias após a semeadura, com o auxílio de paquímetro digital, sendo os dados expressos em cm e **e)** porcentagem de plântulas normais, após 7 dias da semeadura segundo Regras para Análises de Sementes (Brasil, 1992).

2.6. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 11 tratamentos e 4 repetições de 50 sementes para cada espécie teste. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os tratamentos que apresentaram resultados nulos para as características avaliadas, para não interferir nas análises, não foram colocados nas análises estatísticas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Porcentagem de Germinação (% G)

A Tabela 1 e Figuras 1 e 2 mostram os resultados da porcentagem de germinação de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.), tratadas com extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis*, avaliadas durante 7 dias.

Não se observou germinação de sementes de rabanete tratadas com 40 g da semente moída de *A. cearensis* em extrato aquoso (Tabela 1). Os dados mostram também, que o aumento da concentração do extrato reduziu, significativamente, a taxa de germinação, tanto no extrato aquoso como no metanólico. Dessa forma, mostrando que altas

concentrações são mais efetivas para exercerem maior poder alelopático sobre a germinação desta espécie.

Comparando-se os tratamentos com extratos aquosos e metanólicos, observa-se que o extrato aquoso foi mais efetivo em inibir a germinação das sementes de rabanete.

Tabela 1- Porcentagem total de germinação de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos, aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All). Smith.

Tratamentos	rabanete	alface
Testemunha H ₂ O	100,0 a	76,5 a
Cumarina a 100 mg L ⁻¹	12,0 fg	0
5g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	94,0 bc	35,5 bc
10g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	31,0 e	11,5 d
20g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	2,5 g	0
40g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0	0
Testemunha Metanol	99,5 ab	51,0 b
5g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	91,0 cd	20,0 cd
10g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	80,5 d	2,0 e
20g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	29,5 e	0
40g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	18,5 ef	0
F	208,06*	130,39*
C.V. (%)	9,36	17,77

*significativo a 5% de probabilidade

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

Pela Figura 1 observa-se que concentrações acima de 5 g do moído de sementes de *A. cearensis* em água inibiram drasticamente a germinação de sementes de rabanete. Pode-se observar também que, o tratamento das sementes de rabanete com cumarina, também inibiu a germinação das sementes, semelhantemente ao comportamento dos extratos com concentrações acima de 10 g do moído de sementes de *A. cearensis* em água. Assim, pode-se sugerir a presença de cumarina em sementes de *A. cearensis* como relatado por Maia (2004).

A Figura 2 mostra que a inibição da germinação de sementes de rabanete tratadas com extrato metanólico só foi observada a partir da concentração com 10 g do moído de sementes de *A. cearensis* em metanol, mesmo assim, inibição menor que aquela observada com o extrato aquoso.

Analizando-se a taxa de germinação de sementes de alface que receberam tratamentos aquosos e metanólicos em diferentes concentrações do moído de sementes de *A. cearensis*, observa-se que esta espécie foi mais sensível ao efeito alelopático dos extratos do que sementes de rabanete (Tabela 1). Em sementes de alface as concentrações de 20 e 40 g do moído, tanto no extrato aquoso como no metanólico, inibiram totalmente o processo germinativo e, também, no tratamento com cumarina.

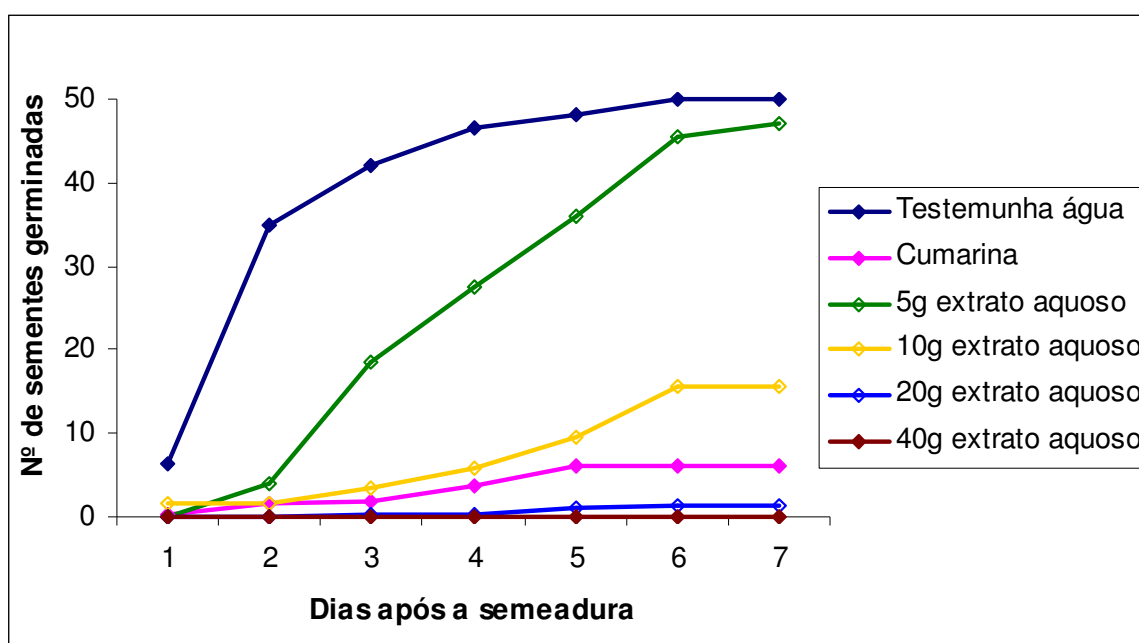


Figura 1- Germinação de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) tratadas com extrato aquoso de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All). Smith no período de 7 dias.

Pelas Figuras 3 e 4 observa-se que concentrações acima de 5 g do moído de sementes de *A. cearensis* em água ou metanol inibiram drasticamente a germinação de sementes de alface quando comparado com a testemunha (água). Observa-se também, que o tratamento das sementes de alface com cumarina, inibiu totalmente a germinação destas, comportamento semelhante ao dos extratos com concentrações de 20 e 40 g do moído de sementes de *A. cearensis* em água ou metanol. Confirmando, mais uma vez, a possível presença de cumarina em sementes de *A. cearensis*.

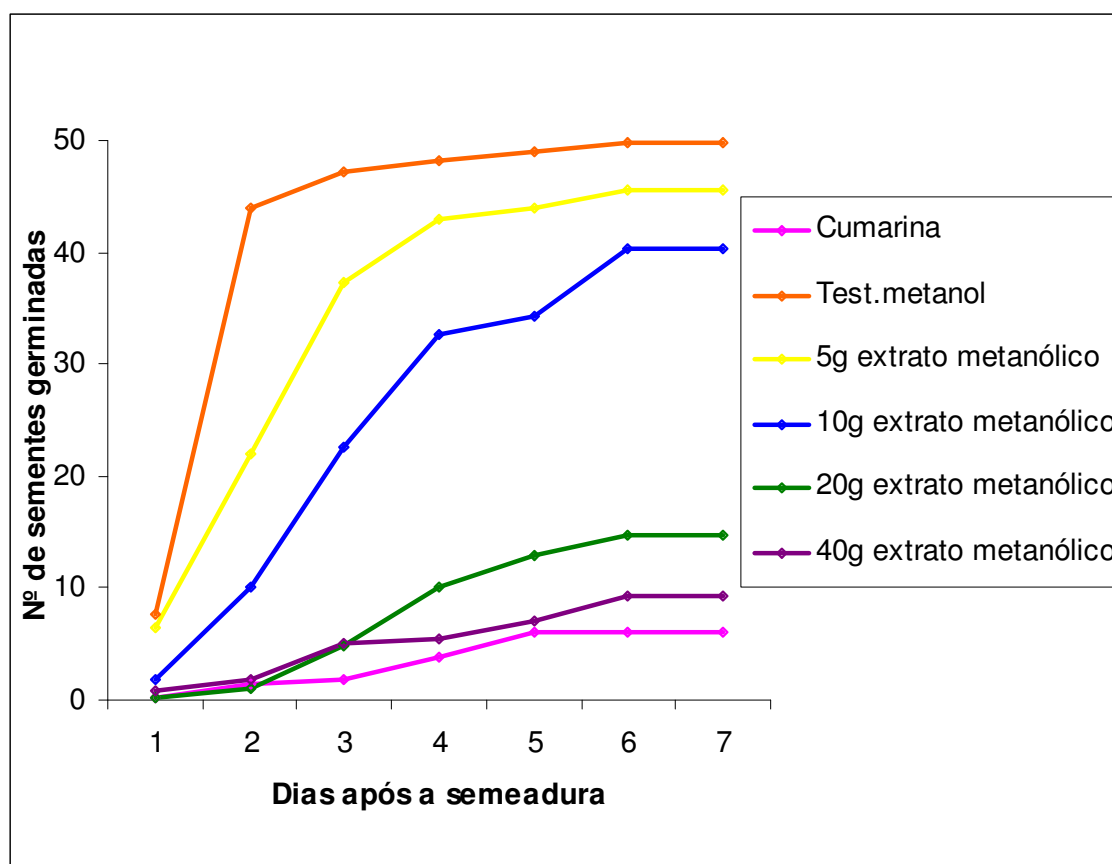


Figura 2- Germinação de germinação de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) tratadas com extrato metanólico de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All). Smith no período de 7 dias.

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

De acordo com os resultados obtidos para percentagem de germinação de sementes de rabanete e alface, tratadas com extratos aquosos e metanólicos de sementes de *A. cearensis*, avaliado durante 7 dias, nota-se que a *Amburana cearensis* apresenta efeito alelopático negativo e que, dependendo de sua concentração, pode interferir significativamente na taxa de germinação.

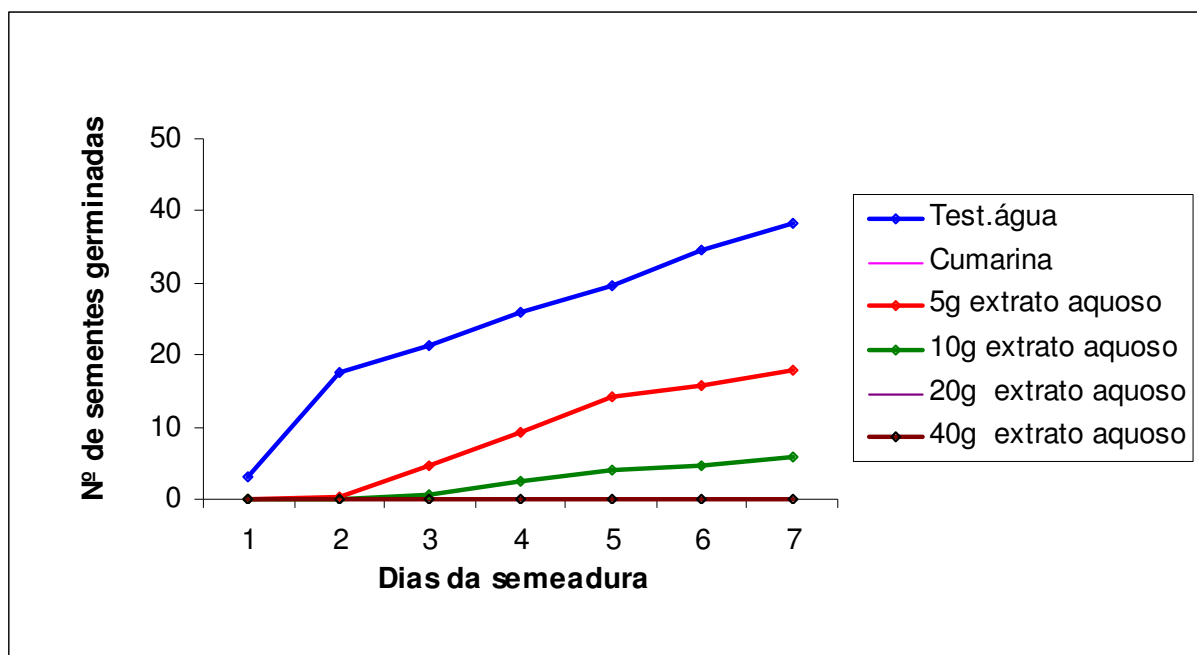


Figura 3- Germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extrato aquoso de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All). Smith no período de 7 dias.

Os resultados apresentados neste experimento estão de acordo com os encontrados por Reigosa et al. (1999), que relatam que os efeitos dos aleloquímicos nos diferentes processos fisiológicos de uma planta são dependentes das concentrações, ou ao menos, se espera que sejam.

Carvalho et al. (1996) também verificaram que o potencial alelopático de folhas verdes de *Saccharum officinarum* L. (cana-de-açúcar), sobre sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (sabiá), variava em função das concentrações analisadas. Gatti et al. (2004), em estudos sobre o efeito do extrato de folhas de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze (papo-de-peru) sobre a germinação de sementes de alface e rabanete, observaram que o extrato aquoso inibiu a germinação das sementes com o aumento das concentrações analisadas.

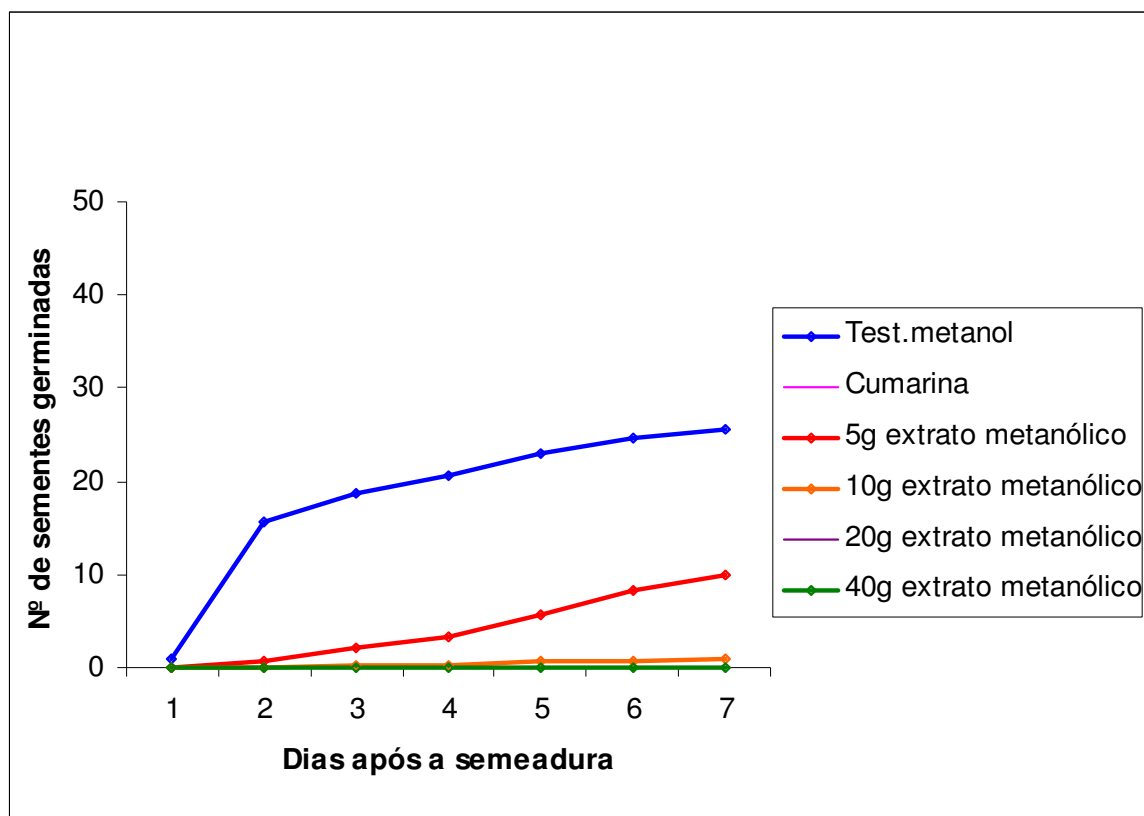


Figura 4- Germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extrato metanólico de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) Smith no período de 7 dias.

3.2. Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

A Tabela 2 mostra os resultados do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.). Analisando-se esses resultados verifica-se que a velocidade de germinação das sementes de rabanete e alface tratadas com extratos aquosos e metanólicos de sementes de *A. cearensis* diminuíram com o aumento da concentração do extrato, indicando mais uma vez, o efeito alelopático significativo dos extratos na germinação das sementes. Assim, as concentrações mais elevadas dos extratos de sementes de *A. cearensis* atrasaram, totalmente, o processo da germinação.

Esses resultados concordam com os obtidos por Gorla & Perez (1997), onde a velocidade de germinação de sementes de tomate também decresceu com o aumento da concentração dos extratos de folhas de *Miconia albicans*, *Lantana camara*, *Leucaena leucocephala* e *Drimys winteri*.

Também Perez & Moraes (1991), estudando o efeito da cumarina e de sua interação com a giberelina na germinação de sementes de *Prosopis juliflora* (Sw) D.C., concluíram que a adição de cumarina no meio germinativo acarretou na diminuição da percentagem e velocidade de germinação.

Esses resultados também corroboram com os encontrados por Colpas et al. (2003), trabalhando com vários compostos secundários, entre eles, a cumarina, composto presente em *M. glomerata*, que evidenciou forte atividade inibitória sobre a germinação de sementes de soja. Segundo Ferreira & Borghetti (2004), freqüentemente, o efeito alelopático pode não se dar sobre a germinabilidade (percentual final de germinação), mas sobre a velocidade de germinação ou sobre outro parâmetro do processo.

Mazzafera (2003) também observou que extrato aquoso de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. e cravo-da-Índia apresentava forte inibição na germinação e velocidade de germinação de várias sementes, entre elas, alface e tomate, demonstrando também o potencial alelopático da espécie.

Tabela 2- Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos, aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All). Smith.

Tratamentos	rabanete	Alface
Testemunha H ₂ O	24,88 a	14,86 a
Cumarina a 100 mg L ⁻¹	1,50 ef	0
5g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	12,57 c	4,28 c
10g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	5,22 d	1,22cd
20g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0,27 f	0
40g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0	0
Testemunha Metanol	27,4 a	10,70 b
5g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	21,22 b	2,28 cd
10g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	13,90 c	0,21 d
20g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	4,07 de	0
40g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	3,13 def	0
F	240,16*	77,66*
C.V. (%)	12,70	37,78

* Significativo a 5% de probabilidade

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

3.3. Comprimento da raiz primária

Em relação ao comprimento da raiz primária de plântulas de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e de alface (*Lactuca sativa* L.), os resultados podem ser observados na Tabela 3. Analisando-se os resultados verifica-se que o comprimento das raízes das plântulas de rabanete e alface diminuíram com o aumento da concentração dos extratos, apresentando diferença significativa em relação às testemunhas. As raízes apresentavam-se atrofiadas e curtas, principalmente, nos tratamentos de maior concentração do moído de sementes de *A. cearensis*, demonstrando assim, o efeito alelopático também no desenvolvimento da plântula.

Esses resultados concordam com os obtidos por Souza Filho et al. (1997), que sugerem ser o desenvolvimento da radícula um dos melhores indicadores para o estudo de extratos com potencial alelopático.

Tabela 3- Comprimento da raiz primária (cm) de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos, aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All). Smith, aos dois dias após a semeadura.

Tratamentos	rabanete	Alface
Testemunha H ₂ O	0,72 a	0,52 a
Cumarina a 100 mg L ⁻¹	0	0
5g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0,19 cd	0,02 b
10g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0,15 d	0
20g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0	0
40g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0	0
Testemunha Metanol	0,71 ab	0,38 a
5g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	0,43 bc	0,05 b
10g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	0,33 cd	0
20g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	0,23 cd	0
40g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	0,18 cd	0
F	7,27*	79,14*
C.V. (%)	62,21	45,78

* Significativo a 5% de probabilidade

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

Almeida et al. (2000) também observaram que, além de diminuir o alongamento das radículas de leucena, guandu e sesbania, os extratos aquosos dos cultivares de *P. maximum* alteraram sua morfologia, com o aumento da concentração dos extratos.

Pires et al. (2001b) também observaram que houve redução do comprimento e massa seca das raízes de plântulas de milho em função do aumento da concentração do extrato aquoso de leucena. A presença de anormalidade em raízes parece ser um bom parâmetro para registro de anormalidade de plântulas, pois este órgão é mais sensível à ação alelopática que a parte aérea (Pires & Oliveira, 2001).

3.4. Comprimento do Hipocótilo

Os resultados da Tabela 4 mostram o efeito inibitório dos extratos de sementes de *A. cearensis* sobre o crescimento da parte aérea de plântulas de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.).

Tabela 4- Comprimento do hipocótilo de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos, aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All). Smith, aos 4 dias após a semeadura.

Tratamentos	rabanete	Alface
Testemunha H ₂ O	1,40 a	0,72 a
Cumarina a 100 mg L ⁻¹	0,38 c	0,17 b
5g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0,65 bc	0,22 b
10g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0,38 c	0
20g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0	0
40g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0	0
Testemunha Metanol	1,53 a	0,50 ab
5g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	1,50 a	0,20 b
10g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	0,99 b	0
20g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	0,42 c	0
40g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	0,34 c	0
F	37,85*	5,45*
C.V. (%)	19,86	56,00

* Significativo a 5% de probabilidade

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

3.5. Porcentagem de Plântulas Normais

Em relação à porcentagem de plântulas normais formadas a partir de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) os resultados podem ser observados na Tabela 5. Por esses resultados verifica-se que os tratamentos utilizados, mesmo em baixas concentrações, acarretaram em diversas anormalidades nas plântulas tanto de rabanete como de alface, tais como, engrossamento e redução da radícula, redução no tamanho do hipocótilo, necrose radicular, redução das raízes secundárias, demonstrando efeito alelopático dos extratos de sementes de *A. cearensis* (**Anexo 2**).

Anormalidades em plântulas de alface também foram observadas por Medeiros & Luchesi (1993) com o uso de extratos aquosos de ervilhaca (*Vicia sativa*) e por Áquila (2000) com extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*).

Segundo Ferreira & Áquila (2000), outro efeito causado por substâncias alelopáticas é o aparecimento de plântulas anormais, sendo a necrose da radícula um dos sintomas mais comuns, fato também constatado neste ensaio de germinação. Esses dados confirmam a presença de aleloquímicos nas amostras, pois conforme afirmam esses mesmos autores, a presença de substâncias alelopáticas pode induzir ao aparecimento deste efeito.

Aliado a isto, observou-se discrepâncias no crescimento da radícula e do hipocótilo que também poderiam conduzir à formação de plântulas anormais as quais, provavelmente, não conseguiriam completar o seu desenvolvimento.

Os efeitos alelopáticos dos extratos de sementes de *A. cearensis* foram observados tanto sobre a germinação quanto sobre o desenvolvimento das plântulas de rabanete e alface.

Ferreira & Aquila (2000) apontam que a germinação é menos sensível aos aleloquímicos do que o crescimento da plântula, pois as substâncias alelopáticas podem induzir o aparecimento de plântulas anormais, sendo a necrose da radícula um dos sintomas mais comuns.

Tabela 5- Porcentagem de plântulas normais formadas a partir de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos, aquoso e metanólico, de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All). Smith, aos 7 dias após a semeadura.

Tratamentos	rabanete	alface
Testemunha H ₂ O	90,0 a	62,0 a
Cumarina a 100 mg L ⁻¹	0	0
5g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	14,7 d	44,42 c
10g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	12,9 d	0
20g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0	0
40g de sementes de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0	0
Testemunha Metanol	64,8 b	9,41 b
5g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	43,2 c	0
10g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	16,7 d	0
20g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	12,9 d	0
40g de sementes de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	0	0
F	172,71*	82,17*
C.V. (%)	13,38	15,30

* Significativo a 5% de probabilidade

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

A inibição do crescimento da plântula após a germinação, sob o ponto de vista ecológico, é um mecanismo mais eficiente de seleção do que evitar a germinação do competidor. Isto porque a descendência seria eliminada por morte dos indivíduos, desaparecendo o DNA competidor, ou, nos casos menos severos, por um retardamento do crescimento ou da germinação. Neste último caso, os resultados ontogênicos são similares, pois se o desenvolvimento das outras espécies é prejudicado, a espécie favorecida pode estabelecer sua prole, evitando a pressão maior de competição (Jacobi & Ferreira, 1991). Isto vem salientar a importância dos promissores resultados obtidos com o extrato, pois este foi eficiente tanto na inibição da germinação como no desenvolvimento e/ou crescimento das plântulas.

Ainda, a inibição do crescimento radicular pode ocasionar na redução da absorção de nutrientes pela raiz, acarretando problemas no desenvolvimento e sobrevivência da plântula, principalmente, quando findarem os nutrientes da semente, por não poder realizar a fotossíntese.

Em relação à influência alelopática no crescimento de plântulas de alface e rabanete foram registradas várias anormalidades, principalmente, no sistema radicular onde as raízes primárias apresentaram-se atrofiadas, defeituosas e em alguns casos, praticamente ausentes. Algumas plântulas apresentaram raízes curtas e grossas, semelhante à resposta fitotóxica de etileno, desproporcionais em relação às outras estruturas da plântula

Notou-se que nas concentrações onde não houve inibição da germinação, tanto em alface como em rabanete, ocorreu visível escurecimento (necrose) de pequenas porções das sementes. Em algumas delas houve emergência da radícula, porém, a coifa mostrava-se totalmente oxidada, escurecida e com o passar do tempo, as mesmas paravam seu crescimento, apresentando amolecimento e degradação de seus tecidos.

Constatou-se também, que o efeito alelopático de sementes de *Amburana cearensis* foi mais eficaz sobre o desenvolvimento da plântula do que na germinação propriamente dita, pois, mesmo em concentrações mais baixas onde as sementes germinaram, as plântulas apresentavam anormalidades, principalmente, no sistema radicular, aparentemente, incapazes de se desenvolverem, posteriormente.

4. CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho indicam que extratos aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis* em altas concentrações, 40 g de semente de *Amburana cearensis* L⁻¹ H₂O e metanol, para sementes de rabanete e 20 e 40 g de semente de *A. cearensis* L⁻¹ H₂O e metanol, para sementes de alface, exercem poder alelopático sobre a germinação destas sementes e sobre o desenvolvimento das plântulas formadas.

Pôde-se ainda concluir que os extratos aquosos foram mais eficientes na inibição da germinação sobre as sementes testes e que os extratos metanólicos são tóxicos as sementes de alface.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUILA, M.E.A. Efeito alelopático de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Iheringia**, v.53, p.51-66, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.
- CARVALHO, G.J.; FONTANÉTTI, A; CANÇADO, C.T. Potencial alelopático do feijão de porco (*Canavalia ensiformes*) e da mucuna preta (*Stilozobium aterrimum*) no controle da tiririca (*Cyperus rotundus*). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, n.3, p.647-651, maio/jun., 2002.
- CHOU, C.H. Methodologies for allelopathic research: from fields to laboratory. 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, p.3-24, 1999.
- 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, p.155-161, 2003.
- FERREIRA, A.G.; AQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.12 (Edição especial), p.175-204, 2000.
- FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed, 2004. 520p.
- GATTI, A.B.; PEREZ, S.C.J.G.A.; LIMA, M.I.S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botânica Brasílica**, v.18, n.3, p.459-472, 2004.
- GORLA, C.M.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência de extratos aquosos de folhas de *Miconia albicans* Triana, *Lantana camara* L., *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit e *Drimys winteri* Forst, na germinação e crescimento inicial de sementes de tomate e pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.261-266, 1997.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos de análises bromatológicas (análises químicas)**. Laboratório de saúde pública, SP, 751p., 1951.
- JACOBI, U.S.; FERREIRA, A.G. Efeitos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* (DC.) OK. Sobre espécies cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p.935-943, 1991.

- KING, S.R.; AMBIKA, R. Allelopathic plants. 5. *Chromolaena odorata* (L). **Allelopathy Journal**, v.9, n.1, p.35-41, 2002.
- MAGUIRE, J.A. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MAIA, G.N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas características**. D&Z. Ed. São Paulo, 2004.
- MAZZAFERA, P. Efeito alelopático do extrato aquoso de cravo-da-índia e eugenol. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.2, p.231-238, 2003.
- MEDEIROS, A.R.M.; LUCHESI, A.A. Efeitos alelopáticos da ervilhaca (*Vicia sativa* L.) sobre a alface em testes de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.1, p.9-14, 1993.
- PEREZ, S.C.J.G.A.; MORAES, J.A.P.V. Efeito DA Cumarina e de sua interação com giberelina na germinação de *Prosopis juliflora* (Sw) D.C. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1493-1501, 1991.
- PIRES, N.M. et al. Efeito do extrato aquoso de leucena sobre o desenvolvimento, índice mitótico e atividade da peroxidase em plântulas de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.1, p.55-65, 2001.
- PIRES, N.M.; OLIVEIRA, V.R. **Alelopatia**. Pp.145-185. (Cap.5) In: R.S. Oliveira Jr. & J. Constantin. *Plantas daninhas e seu manejo* (coords.). Agropecuária, Guaíba, 2001.
- REIGOSA, M.J.; SÁCHES-MOREIRAS, A.; GONZALES, L. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Science**, v.18, n.5, p.577-608, 1999.
- RICHARDSON, D.R.; WILLIAMSON, G.B. Allelopathic effects of shrubs of the sand pine scrub on pines and grasses of the sandhills. **Forest Science**, v.34, p.592-605, 1988.
- 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, p.165-170, 1997.
- TORRES, A.; OLIVA, R.M.; CASTELLANO, D.; CROSS, P. (Editors), Introduction, A Science for the Future, **Proceedings**, In: First World Congress on Allelopathy, Cádiz, Spain, September, p.16-20.1996.

4. CAPÍTULO II

Influência de extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.)

**A.C. Smith no teor de proteínas e amido
em sementes de rabanete e alface**

Influência de extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith nos teores de proteínas e amido em sementes de rabanete e alface durante a germinação

Rozeli Aparecida Zanon Felix, Cristiane de Pieri, Elizabeth Orika Ono,
Giuseppina Pace Pereira Lima

RESUMO- O objetivo deste trabalho foi investigar as alterações de reservas de amido e proteína durante o processo de germinação de sementes de rabanete e alface tratadas com extratos, aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith. Os bioensaios de germinação foram conduzidos no Departamento de Botânica e de análise dos teores de amido e proteínas no laboratório de Bioquímica do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu (SP), utilizando os seguintes tratamentos: T1 (testemunha: água destilada); T2 (cumarina 100 mg L⁻¹); T3 a T6 (5, 10, 20 e 40 g, respectivamente, de semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada); T7 (testemunha: 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada); T8 a T11 (5, 10, 20 e 40 g, respectivamente, de semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada). Sementes de rabanete e alface foram colocadas em placas de Petri contendo papel de filtro como substrato e umedecidas com 5 mL dos tratamentos para avaliar a taxa de germinação. Para o experimento de metabolismo foram utilizados os seguintes tratamentos: T1 (testemunha: água destilada); T2 (cumarina 100 mg L⁻¹); T3 (20 g da semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada) e T4 (40 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada) para sementes de rabanete e T1 (testemunha: água destilada); T2 (cumarina 100 mg L⁻¹); T3 (10 g da semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada) e T4 (10 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada) para sementes de alface. Avaliando os teores de proteínas e amido a 0, 6, 12 e 24 horas após o início da germinação, foi possível observar variação no teor de proteína e amido nas sementes de rabanete e alface.

Palavras-chave: cumarina, germinação, reservas.

Influence of *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith extracts in the starch and protein contents of radish and lettuce seeds in the germination

Rozeli Aparecida Zanon Felix, Cristiane de Pieri, Elizabeth Orika Ono,
Giuseppina Pace Pereira Lima

ABSTRACT- The present study aimed to investigate the modification of the starch and protein content during lettuce and radish seed germination, treated with aqueous and methanolic extracts of *Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith seeds. The germination bioassays were conducted in the Botanic Department, whereas the ones about the

metabolism took place in the Biochemistry Lab in the Institute of Biosciences, UNESP – São Paulo State University, Botucatu. The following treatments were used: T1 (control: distilled water); T2 (coumarin 100 mg L⁻¹); T3 a T6 (5, 10, 20, and 40 g, respectively of *A. cearensis* ground seeds L⁻¹ of distilled water); T7 (control 100 mL of methanol L⁻¹ of distilled water); T8 to T11 (5, 10, 20 and 40 g, respectively, of *A. cearensis* ground seeds + 100 mL of methanol L⁻¹ of distilled water). Radish and lettuce seeds were put in Petri dishes containing filter paper as substrate and moistened in 5 mL of the treatments to evaluate the germination index. For the metabolism experiment, it was used the following treatment: T1 (control: distilled water); T2 (coumarin 100 mg L⁻¹); T3 (20g of *A. cearensis* ground seed L⁻¹ of distilled water) and T4 (40 g of *A. cearensis* ground seeds + 100 mL of methanol L⁻¹ of distilled water) for the radish seeds. Concerning to lettuce, the procedure was: T1 (control: distillate water); T2 (coumarin 100 mg L⁻¹); T3 (10g of *A. cearensis* ground seeds L⁻¹ distillate water) and T4 (10 g of *A. cearensis* ground seeds + 100 mL of methanol L⁻¹ of distilled water). Evaluating the starch and protein quantity in 0, 6, 12 and 24 hours after the germination beginning, it was possible to observe a variation in the starch and protein quantity in the lettuce and radish seeds.

Key words: coumarin, germination, supply.

1. INTRODUÇÃO

O termo alelopatia define um fenômeno químico ecológico no qual metabólitos secundários produzidos por uma espécie vegetal são liberados e interferem na germinação e no desenvolvimento de outras plantas num mesmo ambiente. Num sentido amplo, os efeitos alelopáticos se referem tanto à inibição quanto ao estímulo do desenvolvimento (Harborne, 1988).

Conquanto muito se tenha avançado em relação ao entendimento dos aspectos básicos que regem o fenômeno da alelopatia, pouco se sabe a respeito dos mecanismos que regulam o padrão de produção e distribuição dos aleloquímicos na planta, bem como sobre os fatores que interferem nos resultados. As informações disponíveis implicam que substâncias químicas com atividade alelopática estão presentes em todos os órgãos das plantas, como folhas, rizomas, sementes e raízes, entre outros. Entretanto, a distribuição

das substâncias não é uniforme, havendo variações em função da espécie e do órgão da planta analisado (Hedge & Miller, 1990).

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 (Sousa Filho & Alves, 2002).

O desenvolvimento da semente como órgão especializado na proteção, dispersão e nutrição do embrião foi um passo importante na evolução das plantas terrestres (Shutov et al., 1998). O acúmulo de compostos como lipídios, proteínas e amido na semente é importante para suprir as necessidades do embrião durante a germinação e crescimento inicial da planta. Além de serem modelos interessantes para estudos biológicos, as sementes possuem também importância econômica. Estes fatores, somados, vem motivando estudos sobre os processos de acumulação e utilização de reservas na semente, principalmente no que se refere às proteínas.

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, podendo ser durante a germinação ou no estágio de plântula.

Segundo Bewley e Black (1990), as proteínas podem ser classificadas de acordo com a sua função nas seguintes categorias: (1) Proteínas estruturais- podem estar associadas a complexos lipídicos de membranas extra e intracelulares e estão presentes no citoesqueleto, histonas e ribossomos; (2) Enzimas- estão envolvidas no metabolismo celular; (3) Proteínas de reserva- abundantes nas sementes e utilizadas como fonte de nutrientes durante a germinação e crescimento inicial da planta. De acordo com Shewry et al. (1995) as principais proteínas de reserva das sementes são albuminas, globulinas ou prolaminas.

O carboidrato de reserva mais comumente encontrado nas sementes é o amido (Singh & Juliano, 1977; Kreis & Doll, 1980), embora polissacarídeos de reserva de parede celular, possam estar presentes chegando a constituírem-se no principal carboidrato de reserva (Buckeridge & Reid, 1996).

Tendo em vista que pouco se conhece a respeito do processo de mobilização das reservas em sementes durante a germinação, o objetivo deste trabalho foi investigar as alterações de reservas de amido e proteína durante o período inicial da germinação de

sementes de rabanete e alface tratadas com extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith.

2. MATERIAL E MÉTODOS

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).

2.1. Sementes testes

Foram utilizadas sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivar Redondo Vermelho e de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivar Salad Bowl, certificadas pela Hortec Sementes Ltda.

2.2. Obtenção dos Extratos

Sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith foram obtidas da região semi-árida 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 20 mesh.

Com o moído das sementes foram preparados os extratos aquosos e metanólicos. Para os extratos aquosos o moído das sementes foi fervido em água destilada por 5 minutos e resfriado em temperatura ambiente. Para os extratos metanólicos, o moído foi colocado em 100 mL de metanol por 12 horas.

Ambos os extratos foram filtrados em papel de filtro e o volume completado para 1 L com água destilada, sendo os extratos armazenados em geladeira até o momento de sua utilização.

2.3. Tratamentos

Para verificar o efeito do extrato de sementes de *A. cearensis* na porcentagem de germinação de sementes de rabanete e alface, foram utilizados os seguintes tratamentos:

T1 - testemunha (água destilada);

T2 - cumarina a 100 mg L⁻¹ ;

T3 - 5 g da semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada;

T4 - 10 g da semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada ;

T5 - 20 g da semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada;

T6 - 40 g da semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada ;

T7 - testemunha (100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada);

T8 - 5 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada ;

T9 - 10 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada ;

T10 - 20 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada;

T11- 40 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada.

O tratamento com cumarina foi utilizado como testemunha para comparação com o comportamento da germinação apresentada com o extrato de sementes de *A. cearensis*, uma vez que, a literatura relata presença desse composto fenólico nesse órgão. As sementes de rabanete e alface foram colocadas em placas de Petri contendo duas folhas de papel de filtro como substrato, umedecidas com 5 mL da solução de tratamentos, cobertas com uma folha de papel de filtro e mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D., modelo Fanem, à 25°C.

Para verificar o efeito dos extratos de sementes de *Amburana cearensis* sobre o metabolismo das reservas (proteínas e amido) das sementes de rabanete e alface foram utilizados os seguintes tratamentos:

Para semente de **rabanete**:

T1 - testemunha (água destilada)

T2 - cumarina a 100 mg L⁻¹

T3 - 20 g da semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada

T4 - 40 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada

Para sementes de **alface**:

T1 - testemunha (água destilada)

T2 - cumarina a 100 mg L⁻¹

T3 - 10 g da semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada

T4 - 10 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada

Esses tratamentos foram selecionados a partir dos resultados obtidos para germinação de sementes de rabanete e alface tratadas com diferentes concentrações do extrato de sementes de *A. cearensis* que mostraram maior inibição da germinação, nesses tratamentos.

2.4. Características avaliadas

O efeito dos extratos sobre a germinação de sementes de rabanete e alface foi avaliado pela porcentagem de germinação de sementes (%G), realizada através da contagem diária do número de sementes germinadas, considerando-se como semente germinada aquela que apresentou 3 mm de radícula, durante 7 dias após a semeadura

A avaliação do efeito dos extratos de sementes de *A. cearensis* sobre o metabolismo das sementes de rabanete e alface foi realizada através da análise bioquímica dos teores de amido e proteínas. Assim, amostras de sementes de rabanete e alface foram retiradas do meio de germinação às 0, 6, 12 e 24 horas após a semeadura e armazenadas em ultra-freezer à -80°C.

Em seguida as sementes foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 70°C e moídas com nitrogênio líquido.

O teor de proteínas foi determinado através do método de Kjeldah (Instituto Adolfo Lutz, 1951) e o teor de amido foi determinado pelo método de titulação de Cereda et al. (2004).

O teor de proteína e amido foi analisado também, em sementes de rabanete e alface antes da embebição para comparação dos resultados.

2.5. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado para a avaliação de porcentagem de germinação foi inteiramente casualizado com 11 tratamentos e 4 repetições de 50 sementes cada para cada espécie teste.

O delineamento experimental utilizado para a avaliação dos teores de amido e proteínas foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 4 repetições com 110 sementes cada para rabanete e com 500 sementes cada, para alface.

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

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Porcentagem de Germinação (% G)

A Tabela 1 mostra os resultados da porcentagem de germinação de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.), tratadas com extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis*, avaliadas durante 7 dias.

Não se observou germinação de sementes de rabanete tratadas com extrato aquoso com 40 g da semente moída de *Amburana cearensis* (Tabela 1). O aumento da concentração do extrato reduziu a taxa de germinação significativamente, tanto no extrato aquoso como no metanólico. Assim, mostrando que altas concentrações são mais efetivas para exercerem maior poder alelopático sobre a germinação.

Comparando-se os tratamentos com extratos, aquoso e metanólico, observa-se que o extrato aquoso foi mais efetivo em inibir a germinação das sementes de rabanete.

Analisando-se a taxa de germinação de sementes de alface que receberam tratamentos aquosos e metanólicos em diferentes concentrações do moído de sementes de *A. cearensis*, observa-se que esta espécie foi mais sensível ao efeito alelopático dos extratos do que sementes de rabanete (Tabela 1). As concentrações de 20 e 40 g do moído, tanto no extrato aquoso como no metanólico, inibiram totalmente o processo germinativo, bem como no tratamento com cumarina.

Tabela 1- Porcentagem total de germinação de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All). Smith.

Tratamentos	rabanete	alface
Testemunha H ₂ O	100,0 a	76,5 a
Cumarina a 100 mg L ⁻¹	12,0 fg	0
5g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	94,0 bc	35,5 bc
10g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	31,0 e	11,5 d
20g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	2,5 g	0
40g de semente de <i>A. cearensis</i> L ⁻¹ H ₂ O	0	0
Testemunha Metanol	99,5 ab	51,0 b
5g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	91,0 cd	20,0 cd
10g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	80,5 d	2,0 e
20g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	29,5 e	0
40g de semente de <i>A. cearensis</i> em metanol L ⁻¹ H ₂ O	18,5 ef	0
F	208,06*	130,39*
C.V. (%)	9,36	17,77

* Significativo a 5% de probabilidade

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

De acordo com os resultados obtidos para porcentagem de germinação de sementes de rabanete e alface, tratadas com extratos aquosos e metanólicos de sementes de *A. cearensis*, avaliado durante 7 dias, verificou-se que esta apresenta efeito alelopático negativo e que, dependendo de sua concentração, pode inibir totalmente a germinação.

Esses dados estão de acordo com os encontrados por Reigosa et al. (1999), que relatam que os efeitos dos aleloquímicos nos diferentes processos fisiológicos de uma planta são dependentes das concentrações, ou ao menos, se espera que sejam.

Carvalho et al. (1996) também verificaram que o potencial alelopático de folhas verdes de *Saccharum officinarum* L. (cana-de-açúcar), sobre sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (sabiá), variava em função das concentrações analisadas. Gatti et al. (2004), em estudos sobre o efeito do extrato obtido das folhas de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze (papo-de-peru) sobre a germinação de sementes de alface e de

rabanete, observaram que o extrato aquoso obtido das folhas inibiu a germinação das sementes com o aumento das concentrações analisadas.

Diante dos resultados obtidos, as concentrações escolhidas para o experimento de metabolismo foram aquelas que apresentaram menor taxa de germinação.

3.2. Teor de proteínas

A Tabela 2 mostra os resultados do teor de proteínas nas sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) tratadas com extratos, aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis*, nos diferentes períodos de avaliação, 0, 6, 12 e 24 horas do início do processo de germinação, onde se observa decréscimo no teor de proteínas, porém, numa variação não significativa, nesses teores dentro dos períodos avaliados e entre os tratamentos.

Essa redução ocorre 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).

Esses dados concordam com a afirmação de Bewley & Black (1994), de que as proteínas são mobilizadas durante a germinação e subsequente crescimento das plântulas. Esses resultados também corroboram com os obtidos por Oliveira et al. (1998), que trabalhando com sementes de *Erythrina velutina* Willd., observaram decréscimo no conteúdo de proteínas durante a germinação.

Suda & Giorgini (2000) também observaram em sementes de *Euphorbia heterophylla*, que as proteínas foram continuamente degradadas após o início da embebição, confirmando os dados deste experimento.

Tabela 2- Porcentagem de proteínas em sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) tratadas com extratos de sementes de *Amburana cearensis*, nos diferentes períodos de germinação nas primeiras 24 horas após a semeadura.

Tratamentos	0 horas	6 horas	12 horas	24 horas
Testemunha	25,6	23,78	25,93	20,81
Cumarina	25,6	23,19	21,03	21,98
20g extrato aquoso	25,6	22,32	22,14	21,95
40g extrato metanólico	25,6	22,48	21,51	21,73
F= 1,39 n.s.				
C.V. (%)= 5,90				

n.s.= não significativo

A Tabela 3 mostra os resultados do teor de proteínas em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos, aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis*, nos diferentes períodos de avaliação, 0, 6, 12 e 24 horas após o início do processo de germinação. Pelos resultados pôde-se observar aumento significativo no teor de proteínas a 24 horas do processo de germinação. Esse aumento pode ter ocorrido devido à síntese de novas proteínas a partir de mRNAs presentes na semente de alface, que serão utilizadas no desenvolvimento do embrião.

Tabela 3- Porcentagem de proteínas em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos de sementes de *Amburana cearensis*, nos diferentes períodos de germinação.

Tratamentos	0 hora	6 horas	12 horas	24 horas
Testemunha	19,51	15,27	14,69	20,9
Cumarina	19,51	18,84	15,43	17,67
20g extrato aquoso	19,51	16,36	16,6	20,88
40g extrato metanólico	19,51	15,89	18,14	18,75
F= 2,74*	19,51	16,59 b	16,21 b	19,55 a
C.V.(%)= 7,70				

* Significativo a 5% de probabilidade

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

3.3. Teor de amido

Em relação ao teor de amido nas sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) tratadas com extratos, aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis*, pode-se observar na Tabela 4 que não houve diferença significativa nos diferentes períodos de avaliação, 0, 6, 12 e 24 horas da germinação e nem entre os tratamentos, mostrando baixo consumo de amido no processo germinativo.

Tabela 4- Porcentagem de amido em sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) tratadas com extratos de sementes de *Amburana cearensis*, nos diferentes períodos de germinação.

Tratamentos	0 hora	6 horas	12 horas	24 horas
Testemunha	1,33	1,43	1,49	1,28
Cumarina	1,33	1,62	1,23	2,01
10g extrato aquoso	1,33	1,38	1,4	1,67
10g extrato metanólico	1,33	1,75	1,37	1,71
F= 1,19 n.s.				
C.V. (%)= 12,95				

n.s.= não significativo

Esses resultados concordam com os de Irving (1984), Hegnauer & Gpayerbarkmeijer (1993), Silva et al. (1998) e Suda & Giorgini, (2000), que estudando as reservas de amido em algumas leguminosas observaram pequeno consumo desta substância, durante o período germinativo.

Analisando o teor de amido nas sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos, aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis*, nos diferentes períodos de avaliação, 0, 6, 12 e 24 horas após o início da germinação foi possível verificar também, aumento no teor de amido nas primeiras 6 horas após a embebição, ocorrendo em seguida, decréscimo às 12 horas (Tabela 5) .

Tabela 5- Porcentagem de amido em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) tratadas com extratos de sementes de *Amburana cearensis*, nos diferentes períodos de germinação.

Tratamentos	0 hora	6 horas	12 horas	24 horas
Testemunha	1	1,76	0,81	0,92
Cumarina	1	1,37	1,14	0,97
10g extrato aquoso	1	1,25	0,94	0,85
10g extrato metanólico	1	1,47	0,93	1,23
F= 3,07*	1	1,46 a	0,96 b	0,99 b
C.V. (%)= 14,27				

* Significativo a 5% de probabilidade

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

Essa elevação do teor de amido nas primeiras seis horas do início da germinação, pode ser devido à rápida conversão de carboidratos estruturais em amido, durante o processo de germinação das sementes de alface.

4. CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho indicam que extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis* em altas concentrações exercem poder alelopático sobre a germinação de sementes e reduzem o teor de proteína em sementes de rabanete e alface ao longo do período germinativo. O teor de amido decresce ou aumenta em função do período de germinação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEWLEY J.D.; BLACK M. Seed development and maturation. In: OSBORNE, T.B. (ed.) **Seed: Physiology of Development and Germination**. New York: Plenum Press, 1990. p.29.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BUCKERIDGE, M.S.; REID, J.S.G. Major cell wall storage polysaccharides in legume seeds: Structure, catabolism and biological functions. **Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, v.48, n.3, p.153-162, 1996.
- CARVALHO, J.E.U.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.
- HARBONE, J.B. **Introduction to Ecological Biochemistry**. 4.ed. Cambridge: Academic Press, 1993. 318p.
- HEGDE, R.S.; MILLER, D.A. Allelopathy and autotoxicity in alfalfa: characterization and effects of preceding crops and residue incorporation. **Crop Science**, Madison, v.30, n. 6, p.1255-1259, 1990.
- HEGNAUER, R.; GPAYER-BARKMEIJER, R.J. Relevance of seed polysaccharides and flavonoids for the classification of the leguminosae: A chemotaxonomic approach. **Phytochemistry**, v.34, n.1, p.3-16, 1993.
- IRVING, D.W. Seed structure and histochemistry of *Prosopis velutina* (Leguminosae). **Botanical Gazette**, v.145, n.3, p.340-345, 1984.
- KREIS, M.; DOLL, H. Starch and prolamin level in single and double high lysine barley mutants. **Physiologia Plantarum**, v.48, p.139-143, 1980.
- 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, p.25-30, 1998.
- SHEWRY R.; CASEY R. **Seed proteins**. New York: Kluwer Academic Publ., 1999.
- SHEWRY P.R., NAPIER J.A., TATHAM A.S. Seed storage proteins: Structures and biosynthesis. **Plant Cell**, v.7, p.945, 1995.
- SHUTOV A.D.; BRAUN, H.; CHESNOKOV, Y.V.; HORSTMANN, C.; KAKHOVSKAYA, I.A.; BAUMLEIN, H. Sequence peculiarity of Gnetalean Legumin-like seed storage proteins. **J. Mol. Evol.**, v.47, p.486, 1998.

SINGH, R.; JULIANO, B.O. Free sugars in relation to starch accumulation in developing rice grain. **Plant Physiology**, v.59, p.417-421, 1977.

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, v.18, n.3, p.435-441, 2000.

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.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conhecimentos dos efeitos da alelopatia e suas interações inter e intra-específicas de plantas e microrganismos são de suma importância no contexto de qualquer ecossistema. Tais informações possibilitam ao pesquisador identificar possíveis causas do insucesso no estabelecimento e persistência das pastagens, principalmente as consorciadas, propiciando a adoção de práticas de manejo que auxiliem na seleção de espécies promissoras, de forma a evitar prejuízos que possam ocorrer decorrentes desses efeitos.

Outro fator a se considerar é o uso da alelopatia no controle de plantas invasoras em áreas de cultivo, minimizando a utilização de herbicidas, conseqüentemente, reduzindo os custos da exploração, além de evitar riscos de contaminação.

Este estudo foi proposto com o objetivo de avaliar os efeitos alelopáticos de extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith, sobre a germinação de sementes de rabanete e alface e sua influência sobre o metabolismo de proteínas e amido nessas sementes, 0, 6, 12 e 24 horas após o início da germinação.

No experimento de germinação foram avaliados a porcentagem de sementes germinadas, o índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da radícula e parte aérea e a porcentagem de plântulas normais. Através das análises dessas características foi possível verificar que os extratos aquosos e metanólicos, em concentrações mais elevadas, promoveram maior poder alelopático, devido a presença de cumarina, sobre a germinação das sementes de rabanete e alface, assim como, no desenvolvimento das plântulas formadas que apresentavam necrose radicular.

No experimento de metabolismo foram avaliados os teores de proteínas e amido nos períodos de 0, 6, 12 e 24 horas após o início da germinação, onde foi possível observar variação no teor de proteína e amido nas sementes de rabanete e alface ao longo desses períodos de avaliação.

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

6. CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições deste experimento e a partir dos resultados obtidos pode-se concluir que extratos aquosos e metanólicos, de sementes de *Amburana cearensis* em altas concentrações exercem poder alelopático sobre a germinação de sementes de alface e rabanete e sobre o desenvolvimento das plântulas formadas, e reduzem o teor de proteínas em sementes de rabanete e alface ao longo do período germinativo, enquanto que o teor de amido decresce ou aumenta em função do período de germinação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.S. **Influência da cobertura morta na biologia do solo.** A Granja, São Paulo, v.4, n.451, p.52-67, 1985.

ALMEIDA, F.S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.221-236, 1991.

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

ALVES, P.L.C.A.; TOLEDO, R.E.B.; GUSMAN, A.B. Allelopathic potential of *Eucalyptus* spp. In: NARWAL, S.S. (Ed.) *Allelopathy Upadate*. **Enfield, Science Pub.**, v.2, p.131-148, 1999.

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**, v.13, p.2083-2101, 1987.

AQUILA, M.E.A. Efeito alelopático de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Iheringia**, v.53 (Sér.Bot), p.51-66, 2000.

BALKE, N.E. Effects of allelochemicals on mineral upake and associated physiological processis. In: Thompson, A.C. (ed.) **Chemmistry of Allelopathy**. Washington: ACS Symp., 1985. v.268, p.161-178.

BALLASTER, A.; VIEITEZ, A.M.; VIEITEZ, E. Allelopathic potencial of *Erica vagans*, *Calluna vulgaris*, and *Daboecia cantabrica*. **Journal of Chemical Ecology**, v.8, n.5, p.851-857, 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, p.769-776, 1993.

BARBOSA, D.C.A. Inibidores de germinação em folhas de *Wedelia paludosa* DC. (Compositae): Efeito no crescimento de plântula de *Lycopersicum esculentum* Mill. **Universidade Federal de Pernambuco, IB, Série B: Estudos e Pesquisas**, v.3, p.1-14, 1972.

BARROSO, G.M. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Viçosa: UFV, 1984. v.3, 326p.

BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: UFV, 1999. 443p.

BELL, D.T. The influence of osmotic pressure in tests for allelopathy. **Trans. III. Sate Acad. Sci.**, v.67, p.312-317, 1974.

BELL, D.T.; KOEPPE, D.E. Noncompetitive effects of giant foxtail on the growth of corn. **Agron. J.**, v.64, p.321-325, 1972.

BELL, E.A. The physiological role(s) of secondary (natural) products. **In: CONN, E.E. (Ed.) Biochemistry of plants**. v.7. New York: AcademicPress, 1981. p.1-18.

BELTRATI, C.M. **Morfologia e anatomia de sementes**. Rio Claro: UNESP, Dep. de Botânica/ Instituto de Biociências, 1992. 108p. (Apostila do Curso de Pós-Graduação).

BERTIN, C. et al. Laboratory assessment of the allelopathic effects of fine leaf fescues. **Journal of Chemical Ecology**, v.29, n.8, p.1919-1937, 2003.

BERRIE, A.M.; PARKER, B.A.; KNIGTS, W.; HEMDRIMN, M.R. Studies on lettuce seed germination. I. Coumarin induced dormancy. **Phytochemistry**, v.7, p. 567-573, 1968.

BEWLEY J.D.; BLACK, M. Seed development and maturation. In: OSBORNE, T.B. (ed.) **Seed: Physiology of Development and Germination**. New York: Plenum Press., 1990. p. 29.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. New York: Plenum Press, 1994.

BHOWMIK, P.C.; DOLL, J.D. Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. **Agron. J.**, v.74, p.601-606, 1982.

BLACK, M. The role of endogenous hormones in germination and dormancy. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v.29, n.1-4, p.181-192, 1980/1981.

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

BLUM, U.; REBBECK, J. Inhibition and recovery of cucumber roots given multiple treatments of ferulic acid in nutrient culture. **Journal of Chemical Ecology**, v.15, p.917-928, 1989.

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

BONASERA, J.; LYNCH, J.; LECK, M.A. Comparação do potencial allelopathic de quatro espécies do pântano. **Bull. Torrey Bot. Clube**, v.106, p.217-222, 1979.

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.**, v.107, p.345-351, 1946.

BONNER, J.; GALSTON, A.W. Toxic substances from the culture media of guayule which may inhibit growth. **Bot. Gaz.**, v.106, p.185-198, 1944.

BORNER, H. Liberation of organic substances from higher plants and their role in the soil sickness problem. **Bot. Rev.**, v.26, p.393-424, 1960.

BOTHA, E.C.; POTGIETER, G.; BOTHA, A.M. Respiratory metabolism and gene expression during seed germination. **Plant Growth Regul.**, v.11, p.211-224, 1992.

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

BUCKERIDGE, M.S.; REID, J.S.G. Major cell wall storage polysaccharides in legume seeds: Structure, catabolism and biological functions. **Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, v.48, n.3, p.153-162, 1996.

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, p.35-52, 1986.

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.

CARVALHO, G.J.; ANDRADE, L.A.B.; GOMIDE, M.; FIGUEIREDO, P.A.M. Potencialidades alelopáticas de folhas verdes de cana-de-açúcar em diferentes concentrações de matéria seca na germinação de sementes de alface. **Ciências**, Marília, v.5, n.2, p.19-24, 1996.

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

CARVALHO, G.J.; FONTANÉTTI, A; CANÇADO, C.T. Potencial alelopático do feijão de porco (*Canavalia ensiformes*) e da mucuna preta (*Stilozobium aterrimum*) no controle da tiririca (*Cyperus rotundus*). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, n.3, p.647-651, 2002.

CASTRO, P.R.C.; RODRIGUES, J.D.; MORAES, M.A.; CARVALHO, V.L.M. Efeitos alelopáticos de alguns extratos vegetais na germinação do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.c.v. Santa Cruz). **Planta Daninha**, v.6, n.2, p.79-85, 1983.

CASTRO, P.R.C.; RODRIGUES, J.D.; RONDELLA-MAIMONI, R.C.S.; RABELOJ.C.; VEIGA, R.FA.; LIMA, G.P.P.; JUREIDINI, P; DENADAI, I.A.M. Ação alelopática de alguns extratos de plantas daninhas na germinação de arroz (*Oryza sativa* L cv. IAC-165). **Anais da Escola Superior Luiz de Queiroz**, v.41, p.369-381, 1984.

CAZÓN, A.; VIANA, M.; GIANELLO, J.C. Identificación de un compuesto alelopático de *Baccharis boliviensis* (Asteraceae) y su efecto en la germinación de *Trichocereus pasacana* (Cactaceae). **Rev. Biol. Trop.**, v.48, n.1, p.47-51, 2000.

CEREDA, M.P.; DAIUTO, E.R.; VILPOUX, O. **Metodologia de determinação de amido, digestão ácida em microondas**. Associação Brasileira dos Produtores de Amido de mandioca, ano II, n. 8, 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**, v.12, p.1431-1448, 1986.

CHOU, C.H. Methodologies for allelopathic research: from fields to laboratory. 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, p.3-24, 1999.

CHUNG, III-M.; MILLER, D. A. Allelopathic influence of nine forage grass extracts on germination and seedling growth of alfalfa. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.4, p. 67-772, 1995.

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, p.155-161, 2003.

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

COUTINHO, L.M.; HASHIMOTO, F. Sobre o efeito inibitório da germinação de sementes produzido por folhas de *Calea cuneifolia* DC. **Ciência e Cultura**, v.23, n.6, p.759-764, 1971.

CUNHA, M.C.L.; FERREIRA, R.A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith - Cumaru - Leguminosae Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.25, n.2, 2003.

DAO, T.H. Sorption and mineralization of plant phenolic acids in soil. In: WALLER, G.R. **Allelochemicals: Role in agriculture and forestry**. ACS Symp., 1987. v.330, p.358- 370.

DARLYMPLE, R.L.; ROGERS, J.L. Allelopathic effects of western ragweed on seed germination and seedling growth of selected plants. **Journal of Chemical Ecology**, v.9, n.8, p.1073-1078, 1983.

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

EINHELLIG, F.A. Plant x plant allelopathy: biosynthesis and mechanism of action. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., 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, p.886-893, 1996.

EINHELLIG, F.A.; LEATHER, G.R. Potentials for exploiting allelopathy to enhance crop production. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.14, n.10, p.1829-1844, 1988.

ELLS, J.E.; MCSAY, A.E. Allelopathic effects of alfafa plant residue on emergence and growth of cucumber seedlings. **HortScience**, v.26, p.368-370, 1991.

EVENARI, M. Germination inhibitors. **Bot. Rev.**, v.15, p.153-194, 1949.

FAGIOLI, M.; RODRIGUES, T.J.D.; ALMEIDA, A.R.P.; ALVES, P.L.C.A. Potencial alelopático da *Brachiaria decumbens* Stapf e *B. brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf na germinação e no vigor de sementes de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.243, 1997.

FELICIANO, A.L.P. **Estudo da geminação de sementes e desenvolvimento da muda, acompanhado de descrições morfológicas de dez espécies arbóreas ocorrentes no semi-árido nordestino**. Viçosa: UFV, 1989. 114p. (Dissertação Mestrado).

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

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed, 2004. 520p.

FRIEDMAN, J. Allelopathy, autotoxicity, and germination. In: KEGEL, J.; GALILI, G. (eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.629-644.

GATTI, A.B.; PEREZ, S.C.J.G.A.; LIMA, M.I.S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botânica Brasílica**, v.18, n.3, p.459-472, 2004.

GIACHETTI, E.; PINZAUTI, G.; BONOCORSI, R.; VINCENZINI, M.T.; VANNI, P. Isocitrate lyase from higher plants. **Phytochemistry**, v.26, p.2439-2446, 1987.

GLASS, A.D.M.; DUNLOP, J. Influence of phenolic acids on ion uptake. IV. Depolarization of membrane potentials. **Plant Physiol.**, v.54, p.855-858, 1974.

GORLA, C.M.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência de extratos aquosos de folhas de *Miconia albicans* Triana, *Lantana camara* L., *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit e *Drimys winteri* Forst, na germinação e crescimento inicial de sementes de tomate e pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.261- 266, 1997.

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, p.52, 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, p.163-165, 1967.

GUNN, C.R. Seed topography in the Fabaceae. **Seed Science & Tecnology**, Beltsville, v.9, n.3, p.737-757, 1981.

HALL, M.H.; HENDERLONG, P.R. Alfalfa autotoxic fraction characterization and initial separation. **Crop Science**, Madison, v.29, n.2, p.425-428, 1989.

HALL, A.B., BLUM, U., FITES, R.C. Stress modification of allelopathy of *Helianthus annuus* L. debris on seed germination. **Amer. J. Bot.**, v.69, p.776-783, 1982.

HARBONE, J.B. **Introduction to Ecological Biochemistry**. 3.ed. London: Academic Prees, 1988.

HARBONE, J. B. **Introduction to Ecological Biochemistry**. 4 ed. Cambridge: Academic Press, 1993. 318 p.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVES JUNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.

HEGDE, M.H.; MILLER, D.A. Allelopathy and autotoxicity in alfafa: characterization and effects of preceding crops and residue incorporation. **Crop. Sci.**, v.30, p.1255-1259, 1990.

HEGNAUER, R.; GPAYER-BARKMEIJER, R.J. Relevance of seed polysaccharides and flavonoids for the classification of the leguminosae: A chemotaxonomic approach. **Phytochemistry**, v.34, n.1, p.3-16, 1993.

HILHORST, H.W.; KARSSSEN, C.M. Seed dormancy and germination: the role of abscisic acid and gibberellins and the importance of hormone mutants. **Plant Growth Regul.**, v.11, p.225-238, 1992.

INDERJIT, DAKSHINI, K.M.M. The nature of interference potencial of *Pluchea lanceolata* (DC) C.B. Clarke (Asteraceae). **Pl. Soil**, v.122, p.298-302, 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, p.713-718, 1992a.

INDERJIT, DAKSHINI, K.M.M. Interference potential of the weed *Pluchea lanceolata* (Asteraceae): growth and physiological responses of asparagus bean, *Vigna unguiculata* var. *sesquipedalis*. **Amer. J. Bot.**, v.79, p.977-981, 1992b.

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 Gazette**, v.145, n.3, p.340-345, 1984.

JACOBI, U.S.; FERREIRA, A.G. Efeitos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* (DC.) OK. Sobre espécies cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.935-943, 1991.

KHAN, A.A. **Cytokinins: permissive role in seed germination**. Washington: Science, 1971. p.853-859.

KHAN, M.I. Allelopathic potential of dry fruits os *Washingtonnim filifera*: Inhibition of seed germination. **Physiologia Plantarum**, v.54, p.323-328, 1982.

KIL, B.S.; YIM, Y.J. Allelopathy effects of *Pinus densiflora* on under growth of red pine forest. **Journal of Chemical Ecology**, v.9, n.8, p.1135-1151, 1983.

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

KNYPL, J.S. Specific inhibitors of RNA and protein synthesis as suppressor of IAA and coumarin induced growth responses. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v.35, p.357-373, 1960.

KNYPL, J.S. Sinergistic inhibitors of kale seed germination by coumarin and its reversal by kinetin and gibberellic acid. **Planta**, v.72, p.252-256, 1969.

KNYPL, J.S. Control of chlorophyll synthesis by coumarin and other plant growth retarding chemicals. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v.39, p.321-332, 1971.

KREIS, M.; DOLL, H. Starch and prolamin level in single and double high lysine barley mutants. **Physiologia Plantarum**, v.48, p.139-143, 1980.

KUITERS, A.T. Effects of phenolic acids on germination and early growth of herbaceous Woodland plants. **Journal of Chemical Ecology**, v.15, n.2, p.467-480, 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, p.449-464, 1964.

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.

LEATHER, G.R. Sunflowers (*Helianthus annuus*) are allelopathy to weeds. **Weed Science**, Champaign, v.31, n.1, p.37-42, 1983.

LEUNG, J.; GIRAUDAT, J. Absciscic acid signal transduction. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, v.49, p.199-222, 1998.

LI, H.H.; INOVE, M.; NISHIMURA, H.; MIZUTANI, J.; TSUZUKI, E. Interactions of trans-cinnamic acid, its related phenolic allelochemical, and abscisic acid in seedling growth and seed germination of lettuce. **Journal of Chemical Ecology**, v.9, n.8, p.1775-1787, 1993.

LIMA, M.I.S. Substâncias do metabolismo secundário de algumas espécies nativas e introduzidas no Brasil. In: LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. p.33-40.

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, p.2429-2439, 1990.

LYU, S.W.; GERIG, T.M.; OBRIEN, T.E. Effects of mixture of phenolic acids on phosphorus uptake by cucumber seedlings. **Journal of Chemical Ecology**, v.16, p.2559-2567, 1990.

LOVETT, J.V. Alternatives to chemical control of weeds. **Proc. Inter. Conf., FRI, ROTOURAS**, 1989, p.139-143.

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

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.**, v.74, p.805-808, 1982.

MACIAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MASSANET, J.M.; RODRIGUES-LUIS, F.; ZUBIA, E. Allelochemicals from *Pilocarpus goudotianus* leaves. **Journal of Chemical Ecology**, v.19, p.1371-1379, 1993.

MACIAS; F.A.; SIMONET, A.M.; GALINDO, J.C.G.; PACHECO, P.C.; SANCHES, J.A. Bioactive polar triterpenoids from *Melilotus messanensis*. **Phytochemistry**, v.49, n.3, p.709-717, 1998.

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

MAIA, G.N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas características**. São Paulo: D&Z. Ed., 2004.

MATOS, F.J.deA.; 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, p.181-185, 1992.

MAY, F.E., ASH, J.E. An assessment of the allelopathic potential of *Eucalyptus*. **Aust. J. Bot.**, v.38, p.245-254, 1990.

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

MAZZAFERA, P. Efeito alelopático do extrato aquoso de cravo-da-índia e eugenol. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.2, p.231-238, 2003.

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

MELKANIA, N.P. Allelopathy in forest and agroecosystems in the Himalayan region. In: RIZVI, S.J.H.; RIZVI, V. (eds.) **Allelopathy: Basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall, 1992. p.371-388.

MILLER, D.A. Allelopathy in forage crop systems. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.6, p.854-859, 1996.

MIQUEL, L. Morfologie fonctionele de plantules d'espécies forestiers du Gabon. **Bull. Mus. Natn. Nat.**, Paris, n.1, p.101-121, 1987.

MILLER, D.A. Allelopathic effects of alfafa. **Journal of Chemical Ecology**, v.9, n.81, p.1059- 1072, 1983.

MULLER, C.H. The role of chemical inhibition (allelopathy) in vegetational composition. **Bull. Torrey Bot. Club**, v.93, p.332-351, 1966.

MIRÓ, C.P.; FERREIRA, A.G.; AQUILA, M.E.A. Alelopatia de frutos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.8, p.1261-1270, 1998.

MUSCOLO, A.; PANCCIO, M.R.; SIDARI, M. The effect of phenols on respiratory enzymes in seed germination respiratory enzyme activities during germination of *Pinus laricio* seeds treated with phenols extracted from different forest soils. **Plant Growth Regulation**, v.35, p.31-35, 2001.

NILSON, M.C.; HÖGBERG, P.; ZACKRISSON, O.; FENGYOU, W. Allelopathic effects by *Empetrum hermaphroditum* on development and nitrogen uptake by roots and mycorrhizae of *Pinus silvestris*. **Canadian Journal of Botany**, v.71, p.620-628, 1993.

ODEN, P.C.; BRANDTBERG, P.O.; ANDERSSON, R. Isolation and characterization of a germination inhibitor from leaves of *Empetrum hermaphroditum* (Hagerup). **Scandnaviam Journal Forest Research**, v.7, p.497-502, 1992.

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, p.25-30, 1998.

PELLISSIER, F. Allelopathic inhibition of spruce germination. **Acta Ecológica**, v.14, n.2, p.211-218, 1993.

PEREZ, S.C.J.G. DE A.; MORAES, J.A.P.V. Efeito DA Cumarina e de sua interação com giberelina na germinação de *Prosopis juliflora* (Sw) D.C. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1493-1501, 1991.

PICMAN, J.; PICMAN, A.K. Autotoxicity in *Parthenium hysterophorus* and its possible role in control of germination. **Biochemical System and Ecology**, v.12, n.3, p.287-292, 1984.

PIRES, N.M. et al. Efeito do extrato aquoso de leucena sobre o desenvolvimento, índice mitótico e atividade da peroxidase em plântulas de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.1, p.55-65, 2001.

PIRES, N.M.; OLIVEIRA, V.R. Alelopatia. In: OLIVEIRA, R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. (coords.) Guaíba: Agropecuária, 2001. p.145-185.

PODESTA, E.E; PLAXTON, W.C. Regulation of cytosolic carbon metabolism in germinating *Ricinus communis* cotyledons. I. Developmental profiles for the activity, concentration and molecular structure of the pyrophosphate and ATP-dependent phosphofructokinases, phosphoenolpyruvate carboxylase and pyruvate Kinase. **Planta**, v.194, p.374-380, 1994.

PRATES, H.T.; PAES, J.M.V.; PIRES, N.M.; PEREIRA, I.A.; MAGALHÃES, P.C. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.909-914, 2001.

PUTNAM, A.R. Allelopathy; a break in weed control? **Am. Fruit Grower**, v.103, n.6, p.440, 1983.

PUTNAM, A.R. **Weed Physiology. Reproduction and Ecophysiology**. Boca Raton: CRC Press, 1985. p. 131-155.

PUTNAM, A.R., DUKE, W.B. Allelopathy in agrosystems. **Annual Rev. Phytopathol.**, v.16, p.431-451, 1978.

PUTNAM, A.R., TANG, C. **The science of allelopathy**. New York: Wiley, 1986.

PURVIS, C.E. **Plant Prot. Quart.**, v.5, p.55-59, 1990.

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

RICE, E.L. Allelopathy: an update. **The Botanical Review**, Bronx, v.45, p.105-109, 1979.

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

RICE, E.L. Allelopathic growth stimulation. In: PUTNAM, A.R., TANG, C.S. (eds.) **The science of allelopathy**. New York: John Wiley, 1986. p.23-42.

RICE, E.L. Allelopathy effects on nitrogen cycling. In: RIZVI, S.J.H.; RIZVI, H. **Allelopathy: Basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall, 1992. p.31-58.

RICHARDSON, D. R.; WILLIAMSON, G.B. Allelopathic effects of shrubs of the sand pine scrub on pines and grasses of the sandhills. **Forest Science**, v. 34, p.592-605, 1988.

RIETVELD, W.J.; SCHLESINGER, R.C.; KESSER, K.J. Allelopathic effects of black walnut on European black alder coplanted as a nurse species. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.9, p.1119-1133, 1983.

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, p.87-113, 1965.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: USP, v.2, 1979. 374p.

RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D.; REIS, R.A. **Alelopatia em plantas forrageiras**. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 1992. 18p.

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. p.100-129.

SALAS, M.C.; VIETEZ, E. Inibidores de germinación en *Ericaceas anales*. **Inst. Bot. Cavanilles**, v.32, p.619-631, 1975.

SANTOS, J.C.F., SOUZA, I. F., MENDES, A.N.G., MORAIS, A.R., CONCEIÇÃO, H. E. O., MARINHO, J.T.S. Efeito de extratos de cascas de café e de arroz na emergência e no crescimento do caruru-de-mancha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.738-790, 2002.

SANTOS, R.I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C.M.O.; SCBENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. (Org.) **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 4.ed. Porto Alegre/Florianópolis: Ed. UFRGS/UFSC, 2002. p.333-364.

SHAFFER, W. E.; GARRISON, S.A. Allelopathic effects of soil incorporated asparagus roots on lettuce, tomato, and asparagus seedling emergence. **HortScience**, v.21, p.82-84, 1986.

SHEWRY, P.R., CASEY, R. **Seed proteins**. New York: Kluwer Academic Publ., 1999. SHEWRY, P.R., NAPIER, J.A., TATHAM, A.S. Seed storage proteins: Structures and biosynthesis. **The Plant Cell**, v.7, p.945, 1995.

SHILLING, D.G.; DUSK, J.A.; MOSSLER, M.A.; BEWICK, T.A. Allelopathic potential of celery residues on lettuce. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.117, p.308-312, 1992.

SHUTOV, A.D., BRAUN, H., CHESNOKOV, Y.V., HORSTMANN, C., KAKHOVSKAYA, I.A., BAUMLEIN, H. Sequence peculiarity of Gnetalean Legumin-like seed storage proteins. **J. Mol. Evol.**, v.47, p.486, 1998.

SILVA, Z.L. Alelopatia e defesa em plantas. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.36, n.258-259, p.90-96, 1978.

SINGH, R.; JULIANO, B.O. Free sugars in relation to starch accumulation in developing rice grain. **Plant Physiology**, v.59, p.417-421, 1977.

SIQUEIRA, J.O.; MURALEEDHARAN, N.G.; HAMMERSCHMIDT, R.; SAFIR, G.R. Significance of phenolic compounds in Plant-Soil-Microbial Systems. **Critical reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v.10, n.1, p.63-121, 1991.

SMITH, A.E. The potential allelopathic characteristics of bitter sneezeweed (*Helenium amarum*). **Weed Science**, Champaign, v.37, n.5, p.665-669, 1989.

SMITH, A.E.; MARTIN, L.D. Allelopathic characteristics of three cool-season grass species in the forage ecosystem. **Agron. J.**, v.86, p.243-246, 1994.

SOARES, G.L.G.; SCALON, V.R.; PEREIRA, T. de O.; VIEIRA, D. de A. Potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de algumas leguminosas arbóreas brasileiras. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.9, n.1, p.119-125, 2002.

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, p.165-170, 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, v.18, n.3, p.435-441, 2000.

SOUZA, I. F. Alelopatia de plantas daninhas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 3, n.150, p.75-78, 1988.

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. p.25. 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.

STOWE, L.G. Allelopathy and its influence on the distribution of plants in Illinois old field. **J. Ecol.**, v.67, p.1065-1085, 1979.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 690p.

TAYLOR, R.J.; SHAW, D.C. Allelopathic effects of Engelmann Spruce bark stibbenes and tannin-stibbene combinations on seed germination and seedling growth of selected conifers. **Canadian Journal of Botany**, v.61, p.279-289, 1983.

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

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

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, p.473-478, 1965.

TORRES, A.; OLIVA, R. M.; CASTELLANO, D.; CROSS, P. Introduction: A Science for the Future. In: FIRST WORLD CONGRESS ON ALLELOPATHY, Cádiz, Spain, **Proceedings ...** 1996. p.16-20.

TUKEY JÚNIOR, H.B. Implications of allelopathy in agricultural plant science. **Botanical Review**, Bronx, v.35, n.1, p.1-16, 1969.

VELINI, E.D. Comportamento de herbicidas no solo. In: CONGRESSO DE PLANTAS DANINHAS EM OLERÍCOLAS, 1991, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBPD, 1991. p.105-128.

VICKERY, L.M.; VICKERY, B. **Secondary plant metabolism**. 7. Compounds with a mixed biogenesis. London: Macmillan Press, 1981. 335p.

VIDAL, V.N. Considerações sobre as sâmaras que têm ala paranuclear. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v.30, n.47, p.109-168, 1978.

VILHORDO, B.W.; BURIN, M.E.; GANDOLFI, V.H.; BARNI, N.A.; GOMES, J.E.S.; GONÇALVES, J.C. Efeito Alelopático da Colza, *Brassica napus* L. (var. *oleifera* Metzg) na rotação e sucessão de trigo e soja. **Agronomia Sulriograndense**, v.21, n.1, p.55-64, 1985.

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

WALTON, D.C. Absciscic acid and seed germination. In: KHAN, A.A. **The Physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: Elsevier Biomedical Press, 1977.

WARDLE, D.A. Allelopathic in new Zeland pature grassland ecosystem. **Journal of Experimental Agriculture**, New Zeland, v.15, p.243-255, 1987.

WEIDENHAMER, J.D. Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.6, p.866-875, 1996.

WESTON, L.A. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.6, p.860-866, 1996.

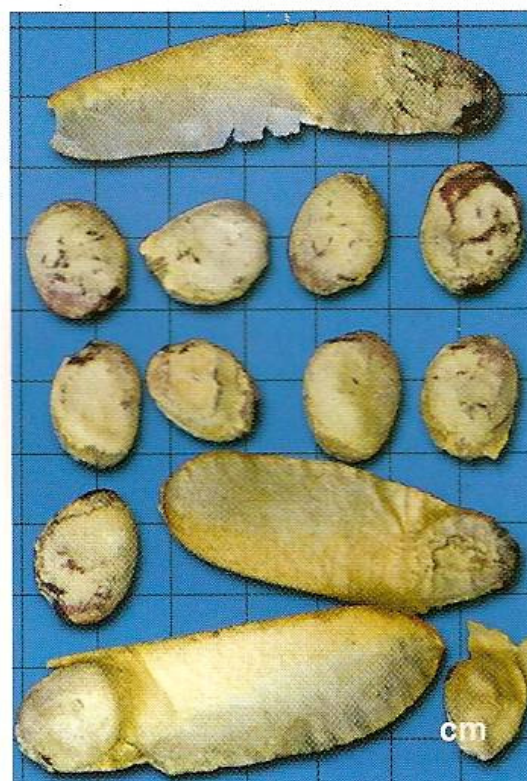
WHITTAKER, R.H. The biochemical ecology of higher plants. In: SONDHEIMER, E.; SIMEONE, J.B. (eds.) **Chemical Ecology**. New York: Academic Press, 1970. p.43-70.

WHITTAKER, R.H.; FEENY, P.P. Allelochemics: chemical interaction between species. **Science**, v.171, n.3973, p.757-770, 1971.

ZACKRISSON, O.; NILSON, M.C. Allelopathic effects by *empetrum hermaphoditum* on seed germination of two boreal tree species. **Can. J. For. Res.**, v.22, p.1310-1319, 1992.

ANEXOS

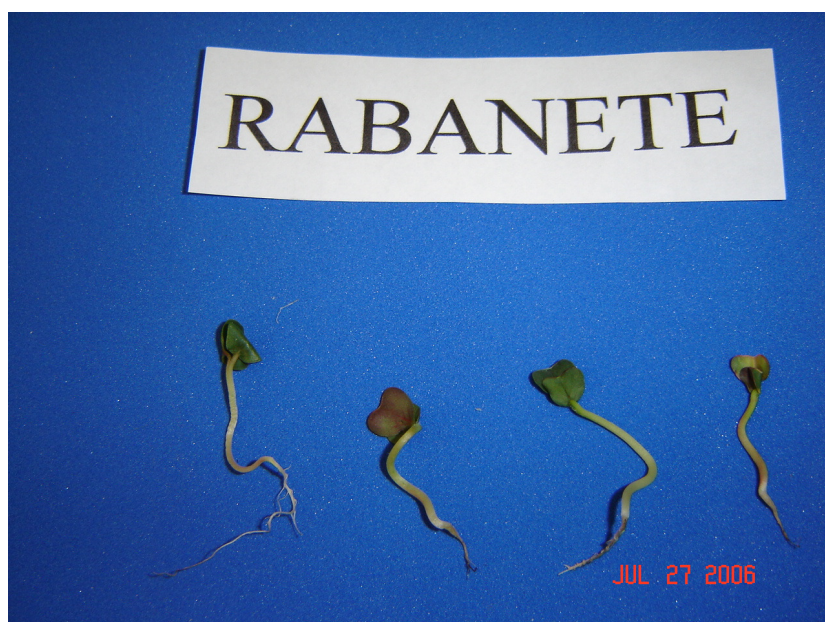
Anexo 1 - *Amburana cearensis* A.C. Smith



Anexo 2– Fotos do experimento de germinação mostrando as deformidades das plântulas de rabanete e alface formadas após o tratamento com os extratos aquosos e metanólicos de sementes de *Amburana cearensis*.



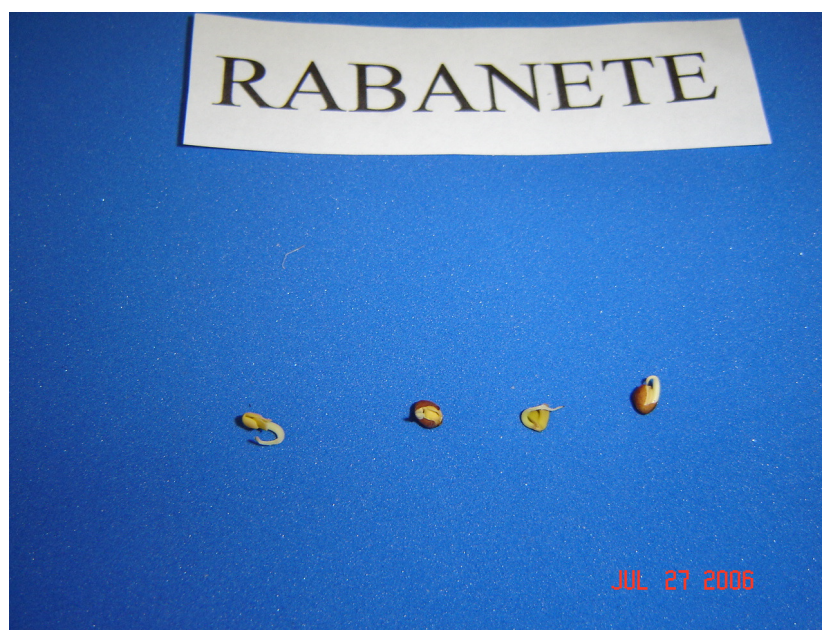
T1 - testemunha (água destilada)



T7 - testemunha (100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada)



T5 - 20 g da semente moída de *A. cearensis* L⁻¹ de água destilada



T10 - 20 g da semente moída de *A. cearensis* + 100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada



T1 - testemunha (água destilada)



T7 - testemunha (100 mL de metanol L⁻¹ de água destilada)

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)