



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI – URCA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA – PRPGP
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA BIOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTU SENSU* EM BIOPROSPECÇÃO
MOLECULAR

ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE ESPÉCIES DE *Erythroxylum* OCORRENTES NA
CHAPADA DO ARARIPE-CE

Leila Kelly Pereira Dutra Taveira

CRATO-CE

2011

Leila Kelly Pereira Dutra Taveira

**ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE ESPÉCIES DE *Erythroxylum* OCORRENTES NA
CHAPADA DO ARARIPE-CE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri - URCA, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Área de concentração: Bioprospecção molecular. Linha de pesquisa: Bioprospecção de Produtos Naturais.

Orientadora: Dra. Maria Arlene Pessoa da Silva
Co-orientadora: Dra. Maria Iracema Bezerra Loiola

CRATO-CE

2011

Taveira, Leila Kelly Pereira Dutra.

T232a Atividade alelopática de espécies de *erythroxylum* ocorrentes na Chapada do Araripe-CE/ Leila Kelly Pereira Dutra Taveira.- Crato, 2011. 67p.; il.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri – URCA.

Orientadora: Dra. Maria Arlene Pessoa da Silva

Co-orientadora: Dra. Maria Iracema Bezerra Loiola

1. Alelopatia 2. Metabolismo secundário 3. Aleloquímicos 4. Extrato etanólico I. Título.

CDD: 615.323

Leila Kelly Pereira Dutra Taveira

**ATIVIDADE ALELOPÁTICA DE ESPÉCIES DE *Erythroxylum* OCORRENTES NA
CHAPADA DO ARARIPE-CE**

Dissertação submetida e aprovada pela banca examinadora em: 31/03/2011.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Maria Arlene Pessoa da Silva
Universidade Regional do Cariri-URCA
(Orientadora)

Dra. Maria Iracema Bezerra Loiola
Universidade Federal do Ceará - UFC
(Co-orientadora)

Claudia Araújo Marco
Universidade Federal do Ceará-UFC -Cariri
(Avaliadora externa)

Dr. José Galberto Martins da Costa
Universidade Regional do Cariri-URCA
(Avaliador interno)

Dra. Sírléis Rodrigues Lacerda
Universidade Regional do Cariri-URCA
(Suplente)

Dra. Marta Maria de Almeida
Universidade Regional do Cariri-URCA
(Suplente)

Aos meus pais, José Mendes Dutra e Francisca Pereira Dutra, exemplos de dignidade e honestidade, por todo amor e carinho incessantes.

Ao meu irmão, José Lêir Pereira Dutra pela força e companheirismo que tanto me fortaleceu no período de realização dos testes, pelas sementes contadas e galhos desfolhados.

Ao grande amor de minha vida Luis Moisés Torres Taveira, pela cumplicidade e incentivo incansável a buscar sempre mais. Pelos gráficos e noites em claro.

A minha pequena Ana Lis Dutra Taveira, alegria de minha vida, minha inspiração, meu coração fora de mim.

A minha família em geral, pelo apoio e palavras de amor que me encorajou dar passos mais longos, mesmo quando o medo batia.

Enfim, a minha eterna Maria Fumaça (*in memoriam*), Maria Mendes Dutra, por todo esforço para que hoje eu chegasse até aqui. Hoje um anjo que com seu carinho, com certeza intercede a Deus por mim.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, luz que me guia e me fortalece nos momentos de dificuldades, pois com Ele, quando estou fraca é que sou forte.

À minha Orientadora Dra. Maria Arlene Pessoa da Silva pela oportunidade, confiança e ensinamentos, que me fizeram crescer tanto em tão pouco tempo, pelo incansável incentivo a pesquisa. Grata por toda minha vida.

Ao Dr. José Galberto Martins, por todo apoio, dúvidas esclarecidas e delicadeza.

À banca examinadora pelas prestimosas sugestões e disponibilidade.

Aos professores do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular pelo incentivo e contribuição.

Aos meus colegas de curso, pela amizade e troca de informações.

Minha gratidão a toda equipe do Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima (Amanda, Aninha, Filipe, Juscelino, Luciana, Marciana, Natália e Tiaguinho), pela amizade, cumplicidade e companheirismo. Em especial a Marcos Aurélio e a Sylvanna, pela contribuição na parte prática desse trabalho e a Carlito pelas sugestões e força.

Às minhas queridas amigas, irmãs e comadres, Rafaella Roque e Sarah Alencar, que estiveram sempre presentes em todos os momentos nesta caminhada, pelo apoio incansável. Obrigada por tornar esse trabalho possível;

Às minhas grandes amigas Renata Sousa e Mariana Araruna, por toda força, palavras amigas e puxões de orelha, obrigada! O carinho de vocês me fez chegar aqui;

Ao Sr. Luiz, Leda, Lourdinha, Carlinhos e Fernando pelos momentos de descontração e cafezinho.

A todos do Laboratório de Química de Produtos Naturais por todo apoio e carinho com que me receberam em especial a Fabíola e Mário;

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pelo suporte financeiro.

Em fim, a todos que contribuíram para a execução desse trabalho.

A todos, muito obrigada!!!

Ainda que eu tenha o dom de profetizar e conheça os mistérios e toda a ciência; ainda que eu tenha fé, a ponto de transportar montes, se não tiver amor nada serei.

I Coríntios 13:2

“Tudo o que Deus faz, é bom e é perfeito!!!”

RESUMO

O potencial alelopático de cinco espécies de *Erythroxylum* ocorrentes na chapada do Araripe-Crato-CE foi analisado, em virtude da escassez de estudos nesta área para as referidas espécies, visando o emprego destas na recuperação de áreas degradadas, ou como bioherbicidas. Os exemplares devidamente identificados encontram-se no acervo do Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima (HCDAL). Para os bioensaios, foi testada a influência do extrato etanólico bruto (EEB) das folhas frescas de *Erythroxylum rosuliferum* O. E. Schulz, *Erythroxylum stipulosum* Plowman, *Erythroxylum cuneifolium* (Mart) O. E. Schulz, *Erythroxylum vacciniifolium* Mart. e *Erythroxylum barbatum* O. E. Schulz na germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e desenvolvimento de plântulas de *Lycopersicon esculentum* Mill (tomate) e *Allium cepa* L. (cebola), nas concentrações de 6,25; 12,5; 25; 50 e 100%. Foram realizados testes fitoquímicos para identificar classes de metabólitos secundários. O extrato de *E. stipulosum* a 25 e 50% inibiu a germinação de sementes de tomate e retardou o IVG nas sementes de cebola. *E. rosuliferum* e *E. barbatum*, retardaram o IVG das sementes de tomate e *E. vacciniifolium* provocou uma aceleração do IVG das sementes de tomate e cebola. Enquanto. O comprimento do caulículo das plântulas de tomate foi afetado de forma positiva pelos extratos de *E. rosuliferum* na concentração de 50% (pH inicial) e nas concentrações de 6,25; 12,5 e 25% (pH ajustado). Em 100% o efeito foi inibitório. O crescimento das radículas das plântulas de tomate foi inibido pelos extratos de *E. rosuliferum* a 100% (pH inicial), *E. stipulosum* a 6,25% (pH ajustado) e *E. cuneifolium* a 6,25 e 12,5% (pH ajustado). Já as radículas de plântulas de cebola, foram inibidas pelo extrato de *E. vacciniifolium* a 6,25% (pH inicial) e 12,5; 25; 50 e 100% (pH ajustado); *E. stipulosum* a 6,25 (pH ajustado). Em condições de laboratório, extratos etanólicos de folhas frescas de *E. rosuliferum* foram mais efetivos, quando testados em sementes de *L. esculentum*, e, *E. stipulosum* e *E. vacciniifolium* em sementes de *A. cepa*.

Palavras-chave: alelopatia, metabolismo secundário, aleloquímicos, extrato etanólico

ABSTRACT

The allelopathic potential of five species occurring in *Erythroxylum* top of Araripe-Crato-CE was analyzed, because of the scarcity of studies in this area for those species, seeking employment in these degraded areas, or as bioherbicidas. The specimens are properly identified in the Herbarium Caririense Dárdano de Andrade-Lima (HCDAL). For bioassays, we tested the influence of the ethanol crude extract (ECE) of fresh leaves of *Erythroxylum rosuliferum* O.E. Schulz, *Erythroxylum stipulosum* Plowman, *Erythroxylum cuneifolium* (Mart) O.E. Schulz, *Erythroxylum vacciniifolium* Mart. and *Erythroxylum barbatum* O.E. Schulz on germination, germination speed index (GSI) and development of seedlings of *Lycopersicon esculentum* Mill (tomato) and *Allium cepa* L. (Onion), at doses of 6,25; 12,5; 25; 50 and 100%. Phytochemical tests were performed to identify classes of secondary metabolites. Only the extract of *E. stipulosum* 25 and 50% inhibited germination of tomato and slowed the GSI in onion seeds. *E. rosuliferum*, and *E. barbatum*, slowed the GSI of tomato seeds and *E. vacciniifolium* caused an acceleration of GSI seeds of tomato and onion. While *E. stipulosum* delayed the GSI in onion seeds. The length of caulículo tomato seedlings was positively affected by the extracts of *E. rosuliferum* at a concentration of 50% (initial pH) and concentrations of 6,25; 12,5 and 25% (pH adjusted). 100% the effect was inhibitory. The growth of tomato seedling radicles was inhibited by extracts of *E. rosuliferum* 100% (initial pH), *E. stipulosum* 6.25% (pH adjusted) and *E. cuneifolium* to 6.25 and 12.5% (pH adjusted). Since the rootlets of onion seedlings were inhibited by the extract of *E. vacciniifolium* to 6.25% (initial pH) and 12,5; 25; 50 and 100% (pH adjusted), *E. stipulosum* to 6,25 (pH adjusted). In laboratory conditions, ethanol extracts of fresh leaves *E. rosuliferum* were more effective when tested in seeds of *L. esculentum*, and *E. stipulosum* and *E. vacciniifolium* in seeds of *A. cepa*.

Keywords: allelopathy, secondary metabolites, allelochemicals, ethanol extract

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Aspecto geral de <i>Erythroxyllum rosuliferum</i> O. E. Schulz	17
Figura 2.	Aspecto geral de <i>Erythroxyllum stipulosum</i> Plowman	18
Figura 3.	Aspecto geral de <i>Erythroxyllum cuneifolium</i> (Mart.) O. E. Schulz	18
Figura 4.	Aspecto geral de <i>Erythroxyllum vacciniifolium</i> Mart	19
Figura 5.	Aspecto geral de <i>Erythroxyllum barbatum</i> O. E. Schulz	19
Figura 6.	Germinação de sementes de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero <i>Erythroxyllum</i> com pH inicial e pH ajustado	37
Figura 7.	Germinação de sementes de <i>Allium cepa</i> L. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero <i>Erythroxyllum</i> com pH inicial e pH ajustado	38
Figura 8.	Índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero <i>Erythroxyllum</i> com pH inicial e pH ajustado	39
Figura 9.	Índice de velocidade de germinação de sementes de <i>A. cepa</i> L. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero <i>Erythroxyllum</i> com pH inicial e pH ajustado	40
Figura 10.	Biometria dos caulículos de plântulas de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero <i>Erythroxyllum</i> com pH inicial e pH ajustado	41
Figura 11	Biometria dos caulículos de plântulas <i>A. cepa</i> L. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero <i>Erythroxyllum</i> com pH inicial e pH ajustado	42
Figura 12.	Biometria das radículas de plântulas de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill. (tomate) submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero <i>Erythroxyllum</i> com pH inicial e pH ajustado	43
Figura 13.	Biometria das radículas de plântulas de <i>A. cepa</i> L. (cebola) submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero <i>Erythroxyllum</i> com pH inicial e pH ajustado	44
Figura 14.	Morfologia das plântulas de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill., submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum rosuliferum</i> O. E. Schulz. (A) pH inicial e (B) pH ajustado	59
Figura 15.	Morfologia das plântulas de <i>Allium cepa</i> L. submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum rosuliferum</i> O. E. Schulz. (A) pH inicial e (B) pH ajustado	59
Figura 16.	Morfologia das plântulas de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill., submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum stipulosum</i> Plowman. (A) pH inicial e (B) pH ajustado	60
Figura 17.	Morfologia das plântulas de <i>Allium cepa</i> L., submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum stipulosum</i> Plowman. (A) pH inicial e (B) pH ajustado	60
Figura 18.	Morfologia das plântulas de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill. submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum cuneifolium</i> (Mart) O. E. Schulz. (A) pH inicial e (B) pH ajustado ...	61

Figura 19.	Morfologia das plântulas de <i>Allium cepa</i> L., submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum cuneifolium</i> (Mart) O. E. Schulz. (A) pH inicial e (B) pH ajustado	61
Figura 20.	Morfologia das plântulas de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill, submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum vaccineifolium</i> Mart. (A) pH inicial e (B) pH ajustado	62
Figura 21.	Morfologia das plântulas de <i>Allium cepa</i> L., submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum vaccineifolium</i> Mart. (A) pH inicial e (B) pH ajustado	62
Figura 22.	Morfologia das plântulas de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill, submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum barbatum</i> O. E. Schulz. (A) pH inicial e (B) pH ajustado	63
Figura 23.	Morfologia das plântulas de <i>Allium cepa</i> L., submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de <i>Erythroxyllum barbatum</i> O. E. Schulz. (A) pH inicial e (B) pH ajustado	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Análises estatísticas segundo Teste de Tukey, mostrando a ação alelopática significativas dos extratos etanólicos das folhas frescas de espécies do gênero <i>Erythroxylum</i> , para os parâmetros germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento do caulículo e da radícula de plântulas de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill. e <i>Allium cepa</i> L.	35
Tabela 2.	Valores do pH para as concentrações dos extratos etanólicos das folhas frescas de espécies do gênero <i>Erythroxylum</i>	36
Tabela 3.	Classes de metabólitos secundários encontradas nos extratos etanólicos das folhas frescas de espécies do gênero <i>Erythroxylum</i>	45
Tabela 4.	Efeito de extratos etanólicos bruto de folhas frescas de espécies do gênero <i>Erythroxylum</i> em sementes e plântulas de <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill	64
Tabela 5.	Efeito de extratos etanólicos bruto de folhas frescas de espécies do gênero <i>Erythroxylum</i> em sementes e plântulas de <i>Allium cepa</i> L	65

LISTA DE ABREVIATURAS

a.C	antes de Cristo
C	celsius
Cm	centímetros
CO₂	dióxido de carbono
EEB	extrato etanólico bruto
FAE	fração acetato de etila
FH	fração hexânica
HCl	ácido clorídrico
IVG	índice de velocidade de germinação
KOH	hidróxido de potássio
mL	mililitros
mm	milímetros
NH₃	amônia
pH	potencial hidrogeniônico
UV	ultravioleta

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELA.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Família Erythroxylaceae.....	16
2.2 Gênero <i>Erythroxylum</i>	16
2.3 Alelopatia: Histórico e Conceito.....	19
2.4 Alelopatia X Competição.....	20
2.5 Natureza e função dos compostos alelopáticos.....	22
2.6 Vias de liberação e fatores que afetam a produção de aleloquímicos.....	24
2.7 Ação dos compostos alelopáticos.....	25
2.8 Principais classes de agentes alelopáticos.....	26
2.9 Metodologias empregadas em estudos de alelopatia.....	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1 Coleta e preparo do material botânico.....	31
3.2 Preparo dos extratos.....	32
3.3 Atividade alelopática.....	32
3.4 Parâmetros avaliados.....	33
3.4.1 Germinação e índice de velocidade de germinação.....	33
3.4.2 Biometria do caulículo e radícula.....	33
3.5 Análise estatística.....	34
3.6 Prospecção dos constituintes químicos.....	34
3.7 Formatação.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Interferências do pH e solvente utilizado.....	35
4.2 Efeito alelopático do Extrato Etanólico Bruto (EEB) de espécies do gênero <i>Erythroxylum</i> na germinação e crescimento inicial de <i>Lycopersicum esculentum</i> e <i>Allium cepa</i>	37
4.2.1 Germinação.....	37
4.2.2 Índice de velocidade de germinação.....	38
4.2.3 Biometria do caulículo e radícula.....	40
4.3 Análise Fitoquímica.....	45
5 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE.....	58
ANEXOS.....	66

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos o homem tem observado os efeitos que determinados organismos exercem sobre outros, sendo que nas plantas tais efeitos são mais comuns e evidentes. Segundo Molish (1937), seres vivos produzem substâncias químicas, que uma vez liberadas no ambiente, podem influenciar ou não de modo benéfico ou prejudicial, outros elementos da comunidade, a este fenômeno denominou de alelopatia. A concentração destas substâncias varia com o ciclo de vida da planta e em relação ao órgão vegetal onde se localiza.

A alelopatia refere-se, na maioria dos casos aos efeitos negativos e/ou prejudiciais das espécies isoladas, populações ou mesmo comunidades circunvizinhas. Atualmente entende-se que a ação destes compostos também pode ser positiva, isto é, favorável ao receptor, agindo no processo ecológico da regeneração ou sucessão de espécies vegetais (BRASS, 2009). Segundo Rice (1984), os efeitos alelopáticos podem ser diretos ou indiretos nos vegetais, incluindo microrganismos, através da liberação de produtos naturais para o ambiente.

Os aleloquímicos são substâncias químicas derivadas do metabolismo secundário das plantas (TAIZ e ZIEGER, 2002) e que, quando liberadas no ambiente, estimulam ou inibem a germinação de sementes e/ou o desenvolvimento das demais plantas do seu entorno (RIZVI e RIZVI, 1992; RODRIGUES e LOPES, 2001).

Os aleloquímicos estão sendo estudados para a aplicação na agricultura, em especial a silvicultura e a olericultura, visando serem utilizados como defensivos agrícolas dos tipos: antibióticos, fungicidas, inseticidas e herbicidas, assim como para compreender o antagonismo de culturas consorciadas ou sucessivas (BRASS, 2009), uma vez que, influenciam o estabelecimento e desenvolvimento de culturas agrícolas e comunidades vegetais. Pesquisadores e agricultores reconhecem os aleloquímicos como alternativa viável para substituir os pesticidas sintéticos, podendo reduzir assim, a poluição ambiental e aumentar a produtividade agrícola (QASEM e FOY, 2001; DUKE et al. 2002).

São conhecidos mais de 10 mil aleloquímicos com ação alelopática comprovada, dentre estes os mais conhecidos e citados na literatura estão os pertencentes aos grupos dos ácidos fenólicos, cumarinas, terpenóides, flavonóides, alcalóides, glicosídeos cianogênicos (MEDEIROS, 1990).

A chapada do Araripe ocupa uma posição central no Nordeste brasileiro, abrangendo parte dos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. Possui feições florísticas “*sui generis*” por

abrigar uma variada gama de paisagens que vão desde áreas mais amenas, no extremo sul do Ceará, até locais extremamente áridos no centro-oeste do Piauí.

Erythroxylum P. Browne compreende cerca de 230 espécies de distribuição tropical e subtropical (PLOWMAN e HENSOLD, 2004). Conforme Loiola (2010) foram listadas para o Brasil 114 espécies com seis variedades deste gênero, sendo que destas, 74 são endêmicas. Seus domínios fitogeográficos são Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.

Considerando-se a ocorrência das espécies em estudo na chapada do Araripe e a falta de conhecimento acerca do potencial alelopático das mesmas, bem como a necessidade de se intensificar os estudos sobre possíveis bioherbicidas, a serem utilizados na agricultura orgânica como forma de minimizar os impactos ambientais causados pelos herbicidas comerciais. No presente trabalho objetivou-se analisar o potencial alelopático das cinco espécies de *Erythroxylum* ocorrentes em áreas de cerrado na chapada do Araripe, visando o emprego das mesmas na recuperação de áreas degradadas ou ainda como bioherbicidas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Família Erythroxylaceae

A família Erythroxylaceae abrange cerca de 250 espécies distribuídas em quatro gêneros: *Aneulophus*, *Nectaropetalum*, *Pinacopodium* e *Erythroxylum* (BRINGMANN et al. 2000, ZUANAZZI et al. 2001 e ZANOLARI et al. 2003). A maioria das espécies pertence ao gênero *Erythroxylum* P. Browne, de ampla distribuição sendo encontradas nos quatro continentes, principalmente na América tropical (PLOWMAN e HENSOLD, 2004), aproximadamente 200 espécies são encontradas nas regiões tropicais da América, África e na ilha Madagascar, sendo este gênero, o único ocorrente no Brasil (ZANOLARI et al. 2003; SOUZA e LORENZI, 2005). Os demais gêneros encontram-se exclusivamente no continente africano e são representados por poucas espécies (DALY, 2004).

2.2 Gênero *Erythroxylum*

Para o Nordeste brasileiro foram listadas 66 espécies e uma variedade de *Erythroxylum*, dentre as quais, 25 foram registradas apenas para essa região. Os registros da ocorrência de representantes de Erythroxylaceae na região semiárida do Brasil resultam de levantamentos florísticos realizados e descrição de novas espécies (PLOWMAN, 1983, 1986, 1987; ZAPPI, 1995; PLOWMAN e HENSOLD, 2004; LOIOLA, 2006a, 2006b, 2009 Kew Bulletin).

É um grupo ecologicamente versátil, com espécies encontradas desde ambientes úmidos como a Floresta Amazônica e a Floresta Atlântica, até regiões semiáridas, ocorrendo em diferentes níveis altitudinais, desde o nível do mar até habitats montanhosos (DALY, 2004).

Erythroxylum apresenta grande diversidade de hábitos abrangendo plantas lenhosas, arbustos, subarbustos ou árvores, com catafilos geralmente semelhantes às estípulas. As folhas são alternas, inteiras e glabras, com estípulas intrapeciolares. As flores são monoclinas, diclamídeas, pentâmeras e heterostílicas, com 10 estames de filetes unidos na base, formando

um tubo que circunda o pistilo. O ovário é súpero, tricarpelar, trilocular, mas geralmente com apenas um único óvulo desenvolvido. O fruto é uma drupa, vermelha a púrpura. A heterostilia é freqüente nas espécies deste gênero (LOIOLA et al. 2007).

As espécies de *Erythroxylum* em estudo são: *Erythroxylum rosuliferum* O. E. Schulz, bandeirinha (Figura 1), *Erythroxylum stipulosum* Plowman, carrasco (Figura 2), *Erythroxylum cuneifolium* (Mart.) O. E. Schulz, carrasquinho (Figura 3), *Erythroxylum vacciniifolium* Mart., catuaba (Figura 4) *Erythroxylum barbatum* O. E. Schulz, cururu (Figura 5).



Figura 1. Aspecto geral de *Erythroxylum rosuliferum* O. E. Schulz.

Fonte: Castro et al. (2009)



Figura 2. Aspecto geral de *Erythroxylum stipulosum* Plowman
Fonte: arquivo pessoal



Figura 3. Aspecto geral de *Erythroxylum cuneifolium* (Mart.) O. E. Schulz.
Fonte: arquivo pessoal



Figura 4. Aspecto geral de *Erythroxylum vacciniifolium* Mart.
Fonte: Castro et al.(2009)



Figura 5. Aspecto geral de *Erythroxylum barbatum* O. E. Schulz.
Fonte: Castro et al.(2009)

2.3 Alelopatia: Histórico e Conceito

A percepção de que as plantas interferem no desenvolvimento de outras através de substâncias liberadas na atmosfera ou no solo, remonta a antiguidade. O primeiro registro da influência que uma planta tem sobre a outra, interferindo no seu desenvolvimento, foi descrito por Theophrastus (300 a.C.), um discípulo de Aristóteles, que observou que plantas de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L., Fabaceae) não revigoravam o solo como outras plantas, ao contrário, causavam sua exaustão, ao tempo que destruíam as plantas invasoras (RICE, 1984).

Plínio (1 d.C) reportou que grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), ervilha (*Vicia ervilia* (L.) Willd) e a noqueira européia (provavelmente *Juglans regia* L.), foram a causa de muitas preocupações para o homem e danos para as plantas da vizinhança. Registrando ainda que, sob a copa de espécimes de *Pinus*, o capim percia (RICE, 1984).

Lee e Monsi (1963) relataram a existência de um documento japonês de autoria de Banzan Kunazawa, escrito há 300 anos, o qual citava a ocorrência de alelopatia em plantas de *Pinus densiflora*. O problema da “doença da terra” causada por espécimes de trevo (*Trifolium pratense* L.) é conhecido na Europa desde o século XVII, quando Young, em 1804, chamou atenção para o fato, alegando que era causado pelo plantio sucessivo desta.

Já De Candolle em 1932 expôs sua teoria sobre essa interferência, afirmando que o cansaço das terras decorrente da monocultura durante anos seguidos, era ocasionado pelo acúmulo de algumas substâncias exsudadas pelas plantas, a qual passava a afetar o desenvolvimento dela mesma (RICE 1984).

A alelopatia é um termo proposto pelo pesquisador alemão Hans Molisch (1937), a partir das palavras gregas *alleton* = mútuo e *pathos* = prejuízo, que engloba todas as interferências desencadeadas entre plantas, incluindo microorganismos, provocadas pela liberação de substâncias químicas por eles elaborados, através dos tecidos vivos ou mortos, que abrange efeitos benéficos ou prejudiciais provocados por um organismo (doador) sobre outro (receptor).

Anos depois, o termo alelopatia foi redefinido como sendo “qualquer efeito direto ou indireto danoso ou benéfico que uma planta ou microorganismos (fungos, bactérias, algas) exerce sobre outra pela produção de compostos químicos liberados no ambiente” (RICE, 1984).

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

Há ainda dois conceitos importantes a serem entendidos em alelopatia, são eles, especificidade: quando as plantas produzem substâncias químicas com propriedades alelopáticas que afetam ou não algumas espécies de plantas e, periodicidade: quando tais substâncias são encontradas distribuídas em concentrações variadas nas diferentes partes da planta e durante o seu ciclo de vida. 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 microorganismos (CARVALHO, 1993; PIRES et al.2001).

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

Os compostos alelopáticos liberados por uma planta poderão afetar o crescimento, prejudicar o desenvolvimento inicial e até inibir a germinação das sementes de outras espécies (SILVA, 1978). Segundo Grankhov e Didyk (1996), a alelopatia é a interação fisiológica e bioquímica entre indivíduos os quais se contatam no espaço (interação alelopática) ou no tempo (ação pós alelopática).

Para muitos pesquisadores a principal função das substâncias alelopáticas é a proteção da planta doadora. Apesar das plantas serem autotróficas, imóveis, não podendo escapar do ataque de seus inimigos, logo, é compreensível que utilizem, com maior intensidade do que outros organismos, a estratégia dos produtos químicos para sua defesa.

Nesse contexto, as milhares de substâncias químicas disponíveis na natureza, quer aquelas produzidas por plantas ou pelos microorganismos, podem oferecer novas e excelentes oportunidades para diversificar o controle de endemias na agricultura, reduzindo ou eliminando a contaminação do ambiente, preservando os recursos naturais e garantindo a oferta de produtos agrícolas com alta qualidade, desprovidos de resíduos de agentes contaminantes (SOUZA-FILHO e ALVES, 2002).

2.4 Alelopatia x Competição

Interferência é a designação dada à interação existente entre plantas, podendo ser por “competição” (fatores abióticos), ou por “alelopatia” (fatores químicos produzidos por outro indivíduo). A competição entre as plantas pode ser intraespecífica (indivíduos da mesma espécie) ou interespecífica (espécies diferentes). A interferência (competição) pode ser por exploração em um mesmo local de fatores abióticos tais como: luz, temperatura, água, vento, pH e nutrientes (FERREIRA, 2004).

Os efeitos alelopáticos dependem dos 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 (RICE, 1984). Por ser um fenômeno que ocorre largamente em comunidades de plantas, a alelopatia é um dos mecanismos por meio dos quais determinadas plantas interferem no desenvolvimento de outras, alterando o padrão e a densidade (SMITH e MARTIN, 1994).

Whittaker e Feeny (1971) afirmaram que os efeitos alelopáticos de uma planta são aceitos, desde que seja comprovado, que um inibidor químico efetivo esteja sendo produzido e ocorra numa concentração potencialmente efetiva no solo e a inibição não seja por luz, água e nutrientes nem por uma atividade animal.

Uma vez liberados em quantidades suficientes, os aleloquímicos, causam efeitos alelopáticos que podem ser observados na germinação, no crescimento e/ou no desenvolvimento de plantas já estabelecidas e, ainda, no desenvolvimento de microorganismos (CARVALHO, 1993).

2.5 Natureza e função dos compostos alelopáticos

A origem de um aleloquímico freqüentemente é obscura e sua atividade biológica pode ser reduzida ou aumentada pela ação microbiológica, oxidação e outras transformações. Numerosos microorganismos, certas invasoras, uma cultura anterior ou mesmo a cultura atual são possíveis fontes de aleloquímicos no ambiente das plantas, da mesma forma, as espécies

afetadas podem ser os microorganismos, as invasoras ou as diferentes culturas (EINHELLIG, 1996).

Em geral, a síntese dos aleloquímicos, varia de acordo com as condições edafoclimáticas e quando em condições de estresse para a planta, resultam no aumento da concentração de substâncias alelopáticas.

Vários autores mostram através de experimentos que todas as partes das plantas podem conter compostos alelopáticos. Através de bioensaios estes compostos foram encontrados nas folhas, caules aéreos, rizomas, raízes, flores, frutos, sementes de diversas espécies, mas as folhas e as raízes são as fontes mais importantes de aleloquímicos (WESTON, 1996). Estes variam em quantidade e qualidade de espécie para espécie, até mesmo na quantidade do metabólito de um local de ocorrência ou ciclo de cultivo para outro, pois muitos deles possuem suas sínteses desencadeadas por eventuais contingências a que as plantas estão expostas (FERREIRA e AQUILA, 2000).

Durante muito tempo, não se sabia exatamente se as substâncias químicas do metabolismo secundário representavam o produto final do metabolismo celular, ou se eram sintetizadas pelas plantas com funções específicas. Alguns autores defendiam a primeira hipótese, baseados no fato de que essas substâncias são encontradas em maiores quantidades nos vacúolos das células, onde seriam depositadas a fim de evitarem a própria autotoxicidade. Outros, defendendo a segunda hipótese, consideravam que a produção dessas substâncias é regida pelas leis da genética e que estão sendo constantemente sintetizadas pelas plantas (MEDEIROS, 1990).

Atualmente sabe-se que muitas destas substâncias estão diretamente envolvidas nos mecanismos que permitem a adequação da planta a seu meio. De fato, já foram reconhecidas como funções de várias substâncias pertencentes a essa classe de metabólitos, por exemplo, a defesa contra herbívoros e microorganismos, a proteção contra raios UV, a atração de polinizadores ou animais dispersores de sementes e a alelopatia (SANTOS et al.2002).

Metabólitos secundários às vezes agem como aleloquímicos, no entanto, o termo aleloquímico e metabólito secundário não devem ser usados como sinônimos. Um composto químico pode apresentar vários papéis na natureza, incluindo o de aleloquímico, dependendo do organismo e do parâmetro ambiental específico que afeta o organismo. Assim, um mesmo composto pode às vezes ser um aleloquímico, e outras vezes podem apresentar outras funções (INDERJIT e DUKE, 2003).

Dessa forma, os aleloquímicos são vistos como alternativas para agroquímicos sintéticos, objetivando o manejo sustentável e ecológico na produção agrícola. Muitas

substâncias alelopáticas apresentam grande potencial para uso no controle biológico de plantas daninhas (CHUNG et al.2001), sendo parcial ou totalmente solúveis em água e ativas em baixas concentrações. Em contrapartida ao poder fitotóxico, os efeitos de promoção da germinação e do crescimento vegetal causados por aleloquímicos também são de interesse para o manejo agrícola (VYVYAN, 2002).

2.6 Vias de liberação e fatores que afetam a produção de aleloquímicos.

Os compostos alelopáticos podem ser liberados das plantas por lixiviação a partir dos tecidos, volatilização, exsudação pelas raízes e decomposição de resíduos da planta, 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, 1988), podem afetar o crescimento das plantas circunvizinhas. Ressaltando-se, principalmente, a lixiviação dos ácidos orgânicos, açúcares, aminoácidos, substâncias pécnicas, terpenóides, alcalóides, compostos fenólicos e giberelina (SOUZA, 1988; RODRIGUES e REIS, 1992).
- **volatilização:** compostos aromáticos são volatilizados das folhas, flores, caules e raízes e podem ser absorvidos por outras plantas. 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 ou condensadas no orvalho ou, ainda, alcançam o solo e são absorvidos pelas raízes (SOUZA, 1988; WEIDENHAMER, 1996).
- **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, encontram-se o ácido oxálico, a amidalina, a cumarina e o ácido transcinâmico (SILVA, 1978);
- **Decomposição de resíduos:** ocorre quando as folhas ou outras partes da planta caem no solo e são decompostas pelas condições climáticas ou por microorganismos, liberando assim, substâncias alelopáticas (toxinas), que podem influenciar diretamente as espécies adjacentes ou, indiretamente, quando alteradas quimicamente durante o processo de decomposição, originando produtos secundários que podem ser efetivos. 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).

As substâncias alelopáticas se mantêm nos tecidos das plantas mesmo após a morte destas, sendo liberadas por volatilização, se forem produtos voláteis, ou por lixiviação, por meio do orvalho e chuva, se forem solúveis na água, sendo arrastadas para o solo, onde, ao atingirem a concentração necessária, podem influenciar no desenvolvimento dos microorganismos e das plantas que nele se encontram. Nesse sentido, o efeito alelopático pode se pronunciar tanto durante o ciclo de cultivo, quanto nos cultivos subseqüentes (TEXEIRA et al.2004).

2.7 Ação dos compostos alelopáticos.

Os aleloquímicos alteram o crescimento e o desenvolvimento de plantas pela multiplicidade de ações sobre os processos fisiológicos. Há centenas de diferentes estruturas e muitos dos compostos químicos apresentam vários efeitos fitotóxicos (EINHELLIG, 2002).

Os mecanismos de ação desses compostos ainda não estão completamente esclarecidos. Os mesmos afetam processos, tais como a germinação das sementes e o crescimento das plântulas, uma vez que interferem na divisão celular, a assimilação de nutrientes, a fotossíntese, a respiração, a síntese de proteína, a atividade de várias enzimas e produção de hormônios na planta e a perda de nutrientes pelos efeitos na permeabilidade da membrana celular. Aleloquímicos, como os ácidos fenólicos chegam a inibir absorção de fósforo e potássio (DURIGAN e ALMEIDA, 1993; RODRIGUES e REIS, 1992; EINHELLIG, 1996).

Apesar da escassez de conhecimento dos mecanismos de ação dos aleloquímicos, entende-se que as funções que afetam o mecanismo de atuação são muito similares as dos herbicidas. Tal como nestes últimos, na maior parte dos casos, os aleloquímicos afetam mais de uma função e provocam efeitos colaterais difíceis de serem distinguidos dos principais (ALMEIDA, 1988).

2.8 Principais classes de agentes alelopáticos.

O metabolismo da planta é dividido em duas fases: metabólitos primários e metabólitos secundários. Os metabólitos primários são encontrados em todos os sistemas vivos, essenciais ao crescimento e a vida tais como: aminoácidos, proteínas, monossacarídeos, ácidos carboxílicos do ciclo de Krebs, lipídios, glicerídios, etc. Os metabólitos secundários são produtos do metabolismo específico, relacionado a processos adaptativos. Estes são biossintetizados a partir de metabólitos primários, com uma distribuição restrita a certas plantas e microorganismos (às vezes característico de um dado gênero ou espécie), e caracterizados por uma extensa diversidade química (SANTOS, 1999).

Para o autor acima referido os metabólitos secundários apresentam estrutura relativamente complexa e tem funções específicas nos seres vivos como: mediação em interações ecológicas; defesa contra herbívoros e microorganismos, proteção contra os raios UV, atração de polinizadores ou animais dispersores de sementes e em interações alelopáticas.

Existem três grandes grupos de metabólitos secundários: terpenos, compostos fenólicos e alcalóides.

Os terpenos são formados pela justaposição sucessiva de unidades de cinco carbonos denominada isopentenilpirofosfato (IPP). O IPP é derivado do ácido mevalônico ou mevalonato e dá origem a todos os outros terpenos. Os monoterpenos, devido ao seu baixo peso molecular, costumam ser voláteis, sendo, portanto, denominados óleos essenciais ou essências. Contudo nem todos os óleos voláteis são terpenóides; alguns podem ser compostos fenólicos (fenilpropanóides). A função dos óleos essenciais nas plantas pode ser tanto para atrair polinizadores (principalmente os noturnos) quanto para repelir insetos (pragas). Muitos sesquiterpenóides também são voláteis e, assim como os monoterpenos, estão envolvidos na defesa contra pragas e doenças. Os diterpenos normalmente estão associados às resinas de muitas plantas (PERES, s/d).

Os compostos fenólicos são caracterizados por ser um sistema aromático que apresenta um grupo hidroxila fenólico. São considerados metabólicos secundários sintetizados pelas plantas durante o desenvolvimento inicial em resposta a condições de estresse tais como: infecções, lesões e radiação UV, entre outros. Estes compostos estão presentes nas plantas e são um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados da fenilalanina e tirosina. Compostos fenólicos incluem ainda fenóis simples, ácidos fenólicos (ambos

derivados de ácido benzóico e ácidocinâmico), cumarinas, flavonóides, taninos hidrolisáveis e condensados, lignanas e ligninas. Nas plantas, estes podem atuar como fitoalexinas, atratores de polinizadores, contribuintes da pigmentação da planta, antioxidantes e agentes protetores antioxidantes (NACZK e SHAHIDI, 2004).

Embora os flavonóides sejam quase ausentes em fungos, algas, briófitas e pteridófitas¹, sua importância nas angiospermas é muito grande. Esses compostos estão envolvidos principalmente na sinalização entre plantas e outros organismos e na proteção contra UV. No que se refere à sinalização entre plantas e outros organismos, pode se incluir nesse item a relação entre os vegetais e seus agentes polinizadores, sendo a coloração das flores um dos principais atrativos. Exemplos de compostos que as plantas utilizam para colorir suas flores são as antocianinas, uma classe de flavonóides (PERES, s/d).

Ainda para o referido autor os taninos condensados são compostos fenólicos solúveis em água com massa molecular entre 500 a 3.000 Daltons. Responsáveis pela adstringência de muitos frutos e defesas contra pragas pois eles se ligam a proteínas digestivas dos insetos. Esses compostos também são denominados protoantocianidinas devido ao fato de produzirem pigmentos avermelhados (antocianidinas), após degradação.

Os alcalóides são compostos orgânicos cíclicos caracterizados pela presença de um nitrogênio básico. Essa classe de compostos do metabolismo secundário é famosa pela presença de substâncias que possuem acentuado efeito no sistema nervoso, sendo muitas delas largamente utilizadas como venenos ou alucinógenos (PERES, s/d).

Entre os agentes alelopáticos, existe mais de 300 compostos secundários vegetais e microbiológicos pertencentes a muitas classes de produtos químicos e com a realização das novas pesquisas esse número cresce continuamente. 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 cítrico, málico, acético e butírico; metanol, etanol e acetaldeído.
- Lactonas insaturadas simples: patulina e ácido parasórbico.
- Ácidos graxos de cadeia longa e poliácetilenos: 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 umbeliforona.
- Flavonóides: quercetina, florizina e catequina.

- Taninos condensados e hidrolisáveis: ácidos elágico e digálico.
- Terpenóides e esteróides: cineole, cânfora e limoneno.
- Aminoácidos e polipeptídeos: marasmina e victorina.
- Alcalóides e cianoidrinas: estriquinina, atropina, codeína, cocaína e amidalina;
- Sulfetos e glicosídeos: sirigrina e alilisotiocianato.
- Purinas e nucleosídeos: cordicepina, teofilina e paraxantina.

Compostos biologicamente ativos obtidos das plantas estão sendo utilizados no controle de espécies daninhas (muitas das quais apresentam resistência a várias categorias de herbicidas usualmente empregados), de insetos e de microorganismos patogênicos, podendo constituir-se em uma alternativa ao uso dos defensivos agrícolas, com menores riscos ao meio ambiente, mantendo um melhor equilíbrio do ecossistema (RIZVI e RIZVI, 1992; CHOU et al.1998), embora sejam poucos os produtos naturais empregados diretamente como herbicidas. Os aleloquímicos podem ser usados diretamente como herbicidas ou conduzir o desenvolvimento de novas classes destes produtos o certo é que o interesse em produtos naturais como fonte de defensivos químicos vem aumentando (AN e PRATLEY, 2005).

Alguns compostos que chegam ao ambiente atuam diretamente na inibição de germinação ou crescimento das espécies receptoras, porém, outros apresentam propriedades alelopáticas apenas após transformações químicas, proporcionadas pelos microrganismos presentes no solo, demonstrando com isso que a atividade biológica pode ser potencializada por seus produtos de degradação (DUKE et al. 2002).

Ácidos fenólicos e flavonóides estão amplamente distribuídos nos tecidos vegetais e freqüentemente são associados a fenômenos alelopáticos. A maior parte dos estudos realizados tem tido como objetivo estabelecer os mecanismos de ação dessas duas classes de compostos. Ácidos fenólicos são mencionados como responsáveis pela redução de absorção de micro e macronutrientes em diversas espécies. Ácido ferúlico pode atuar na inibição da absorção de fosfato enquanto que ácido clorogênico pode alterar o balanço de nutrientes nas plantas. Os flavonóides naringenina, genistéina e canferol também interferem de maneira indireta (SANTOS e REZENDE, 2008).

2.9 Metodologias empregadas em estudos de alelopatia.

Um dos aspectos mais estudados em alelopatia é o reconhecimento da resposta característica de um organismo em relação aos aleloquímicos, isto é, estimulação (vegetal) ou atração (animal) e baixas concentrações dos aleloquímicos e inibição (vegetal) ou repelência (animal) aos aumentos de concentração (AN et al.1993).

Os procedimentos usados para avaliar o potencial de atividade alelopática são os bioensaios laboratoriais, nos quais os efeitos alelopáticos de uma espécie são literalmente isolados das demais interferências, e até mesmo das toxinas de microorganismos. Nesses testes podem ser avaliados parâmetros globais como germinação, crescimento e desenvolvimento das plântulas ou plantas adultas e parâmetros mais específicos como a atividade de alguns processos fisiológicos, como por exemplo: fotossíntese, respiração, conteúdo de clorofila entre outros (SOUZA-FILHO e ALVES, 2002).

Dentre os métodos de controle e prevenção de plantas daninhas, o uso de agroquímicos continua sendo o componente mais importante na hora de aumentar o rendimento das colheitas e reduzir o trabalho nas culturas. No entanto, o uso continuado de herbicidas em áreas de monocultivo tem levado ao crescente aparecimento, em nível mundial, de biótipos de plantas daninhas tolerantes e resistentes a esses herbicidas, o que tem ocasionado um aumento significativo dos custos de produção e problemas graves de contaminação do ambiente (MACIAS et al. 2000a).

O estudo do comportamento germinativo de uma espécie vegetal sob a ação de aleloquímicos é realizado por meio de bioensaios, que servem para avaliar o potencial alelopático das espécies em estudo e acompanhar a resposta biológica durante as fases de extração, fracionamento, purificação e identificação dos compostos (LEATHER e EINHELLIG, 1986).

O bioensaio mais utilizado é a germinação de sementes em placas de petri com papel filtro (LEATHER e EINHELLIG, 1986; MACIAS et al. 2000a), sendo recomendado para critério morfológico de germinação, como primeira abordagem, devendo ser seguido por testes de germinação em solo ou areia (FERREIRA e AQUILA, 2000).

Os testes de germinação, em geral, são menos sensíveis aos aleloquímicos do que aqueles que avaliam o desenvolvimento das plântulas, como por exemplo, comprimento ou massa seca da raiz primária ou parte aérea. Porém, a quantificação experimental é muito mais

simples, pois para cada semente o processo é discreto, germina ou não germina. Nesse contexto, substâncias alelopáticas podem induzir a formação de plântulas anormais, sendo a necrose da raiz um dos sintomas mais comuns (FERREIRA e AQUILA, 2000).

A massa seca da raiz ou parte aérea, bem como alterações no comprimento das plântulas ou radículas, são os parâmetros mais usados para avaliar o efeito alelopático sobre o crescimento (JACOBI e FERREIRA, 1991; INDERJIT e DAKSHINI, 1995; PRATLEY et al. 1999).

Geralmente, a espécie-alvo mais utilizada é a alface (*Lactuca sativa* L.), devido a sua alta taxa de germinação e sensibilidade. A utilização de espécies comerciais para os bioensaios tem como vantagem o fato dessas espécies serem geneticamente homogêneas, apresentarem germinação uniforme e estarem sempre disponíveis, já as espécies silvestres são geneticamente mais heterogêneas que as cultivadas, e apresentam vários graus de sensibilidade para tratamento similar, além da germinação não ser uniforme (MACIAS et al. 2000a).

Macias et al. (2000a) propõem o uso de várias espécies como modelos para os bioensaios, representantes de ambas as classes taxonômicas, assim como eudicotiledôneas: *L. sativa* (alface, Asteraceae), *Daucus carota* L. (cenoura, Apiaceae), *Lepidium sativum* L. (agrião, Brassicaceae), *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomate, Solanaceae); e monocotiledôneas: *Allium cepa* L. (cebola, Liliaceae), *Hordeum vulgare* L. (cevada, Poaceae), *Triticum aestivum* L. (trigo, Poaceae) e *Zea mays* L. (milho, Poaceae).

Alguns parâmetros como o pH e o volume de solução usado nos bioensaios devem ser levados em consideração visto que podem interferir na resposta alelopática (LEATHER e EINHELLIG, 1986; FERREIRA e AQUILA, 2000; MACIAS et al. 2000a). Estes últimos autores recomendam o uso de pH 6,0 e um volume de solução de 0,2 mL por semente.

Para se estabelecer a sensibilidade das espécies alvos e comparar as respostas dos aleloquímicos com a dos herbicidas, Macias et al. (2000a) recomendam o uso de bioensaios com herbicidas comerciais no intervalo de 10^{-2} a 10^{-9} M.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta do material botânico

A pesquisa foi realizada com cinco espécies de *Erythroxylum*: *Erythroxylum rosuliferum* O. E. Schulz (bandeirinha); *Erythroxylum stipulosum* Plowman (carrasco) e *Erythroxylum cuneifolium* (Mart) O. E. Schulz (carrasquinho); *Erythroxylum vacciniifolium* Mart. (catuaba) e *Erythroxylum barbatum* O. E. Schulz (cururu).

O material botânico foi coletado em uma área de Cerrado, na chapada do Araripe, estrada Crato/Exu, nas coordenadas geográficas 07°17'810''S e 39°32'683''W a 928m de altitude, sempre no período da manhã. As folhas obtidas de indivíduos adultos foram acondicionadas em sacos plásticos de 50L imediatamente vedados para evitar a perda de umidade, as amostras foram devidamente etiquetadas e fichadas com dados relativos ao nome popular, local e data de coleta, nome do coletor, latitude e longitude e em seguida conduzido ao Laboratório de Botânica Aplicada – URCA, onde foram retiradas todas as folhas dos ramos coletados e conservado em geladeira para posterior utilização.

Foram obtidas amostras na fase vegetativa para produção do extrato etanólico bruto e material na fase reprodutiva, para posterior identificação botânica.

A identificação do material botânico foi realizada, com base em literatura especializada e por comparação com material existente no acervo do Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima (HCDAL) sendo posteriormente incorporado ao acervo sob seguintes números: bandeirinha 2677; catuaba 3686; cururu 4304; carrasco 4303 e carrasquinho 4311.

Para os bioensaios foram utilizadas como plantas testes, sementes de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill (eudicotiledônea) e cebola *Allium cepa* L (monocotiledônea), por apresentarem uma germinação rápida e uniforme, além de suas sementes serem facilmente encontradas no comércio local.

3.2 Preparo dos extratos etanólicos

De cada espécie foram obtidas 500g de folhas frescas, que foram triturado e posteriormente, submetidas à maceração com etanol P.A. (99,3%) e agitações periódicas no período de sete dias. Foi utilizado aproximadamente 3L de etanol para cada espécie, para que todas as folhas ficassem em contato direto com o solvente. Após sete dias, procedeu-se a filtragem e os materiais sólidos colocados para secar em estufa a 100°C, para posterior pesagem da massa seca, sendo o solvente evaporado em evaporador rotativo, para a obtenção do extrato etanólico bruto (EEB).

Todos os processos de extração e concentração dos extratos foram realizados no Laboratório de Pesquisas de Produtos Naturais - LPPN da Universidade Regional do Cariri-URCA.

3.3 Atividade alelopática

Os bioensaios foram realizados no período de junho a agosto de 2010, no Laboratório de Botânica Aplicada da Universidade Regional do Cariri-URCA.

Foi testada a influência do Extrato Etanólico Bruto (EEB) de folhas frescas de *Erythroxylum rosuliferum*; *Erythroxylum stipulosum* e *Erythroxylum cuneifolium*; *Erythroxylum vacciniifolium* e *Erythroxylum barbatum*, na germinação e crescimento inicial *Lycopersicon esculentum* Mill e *Allium cepa* L (cebola), nas concentrações de 6,25; 12,5; 25; 50 e 100%.

O EEB das espécies testadas foi dissolvido em etanol a 66% na proporção de 1:1, ou seja, 100mg do EEB e 100mL do etanol, obtendo-se assim a solução estoque de 100%, já as concentrações de 6,25, 12,5, 25, 50% foram obtidas por diluição (MAZZAFERA, 2003). As soluções com pH inicial e com o pH ajustado para 6,0 foram transferidas para as placas (MACIAS et al. 2000a). O ajuste do pH foi feito com solução de KOH 0,1N e HCl a 5% e as medições foram realizadas com auxílio de um pHmetro.

Para os bioensaios em laboratório, 3 mL das soluções testes foram colocadas em placas de Petri (9,0 cm de diâmetro) previamente autoclavadas contendo dois discos de papel filtro (MACIAS et al. 2000a). As placas foram deixadas abertas durante 48 horas para

completa evaporação do álcool (MAZZAFERA, 2003). Após os dois dias foram semeadas 20 diásporos das espécies alvo, distribuídas aleatoriamente, com cinco repetições e em seguida 3 mL de água destilada. Foram utilizadas 0,2 mL de água destilada por semente conforme o recomendado por Macias et al. (2000a). As placas de Petri contendo os diásporos foram seladas com plástico filme para garantir modelos de sistema fechados e levadas a uma câmara de germinação (BOD), com temperatura (25°C) constante e fotoperíodo de 12 horas, adequadas as espécies receptoras (BRASIL, 1992).

3.4 Parâmetros avaliados

3.4.1 Germinação e índice de velocidade de germinação (IVG).

O controle da germinação foi avaliado a cada 24 horas, durante sete dias, sendo considerada germinada a semente com radícula de 2mm.

A porcentagem de germinação (G) foi calculada de acordo com Laboriau e Valadares (1976). E o índice de velocidade de germinação (IVG) de acordo com Maguire (1962) registrando-se diariamente o número de sementes germinadas. Sendo utilizadas as seguintes fórmulas:

$$G = (N/A).100$$

Onde, N - número total de sementes germinadas;

A = número de sementes colocadas para germinar.

$$IVG = (\sum ni) / (\sum ni.ti)$$

Ni = número de sementes germinadas dentro de um intervalo de tempo (ti – 1) – (ti)

3.4.2 Biometria do caulículo e radícula.

Os dados referentes ao comprimento do caule e raiz primária foram obtidos decorridos os sete dias necessários para a germinação das sementes.

Do total de 20 sementes que formam cada parcela (placa de Petri), foram avaliadas cinco plântulas para obtenção das médias referentes ao comprimento dos caulículos e radículas. A análise desses parâmetros foi obtida com auxílio de paquímetro digital.

3.5 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x2x2, sendo o controle mais cinco níveis de concentração do EEB (de cada experimento), duas situações (pH inicial e pH ajustado), duas espécies vegetais (tomate e cebola). Todos os tratamentos constaram de com cinco repetições. Os dados foram arquivados em planilha do Excel 2007, para posterior comparação das médias através do pacote estatístico ASSISTAT 7.5 beta, onde as médias foram submetidas a análise de variância (ANOVA), teste de Tukey e teste de significância de 1 e 5% de probabilidade.

3.6 Prospecção dos constituintes químicos

A prospecção fitoquímica dos extratos foi realizada no Laboratório de Pesquisas de Produtos Naturais - LPPN da Universidade Regional do Cariri-URCA.

Os testes fitoquímicos para identificação das classes de metabolitos secundários foram realizados seguindo a metodologia descrita por Matos (1997), sendo observada mudança de cor ou formação de precipitados após a adição de reagentes específicos.

3.7 Formatação

Seguiu-se a ABNT 2005, NBR 14724 para a formatação e documentação do trabalho acadêmico, a ABNT 2002, NBR 6023 para documentação das referências e as normas de apresentação tabular do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE 1993 para a formatação das tabelas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Interferências do pH e solvente utilizado

Os testes com pH inicial e ajustado revelou resultados significativos, uma vez que os tratamentos com pH ajustado foram mais efetivos do que aqueles com pH inicial (Tabela 1). Segundo Ferreira e Áquila, (2000) os extratos podem conter solutos como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos que podem mascarar o efeito alelopático dos extratos por interferir no pH.

Tabela 1 Análises estatísticas segundo Teste de Tukey, mostrando a ação alelopática significativas dos extratos etanólicos das folhas frescas de espécies do gênero *Erythroxylum*, para os parâmetros germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento do caulículo e da radícula de plântulas de *Lycopersicum esculentum* Mill. e *Allium cepa* L.

Espécies testadas	Sementes testes	Parâmetros analisados	pH inicial	pH ajustado
<i>Erythroxylum rosuliferum</i>	<i>Lycopersicum esculentum</i>	Caulículo	ns	**
		IVG	**	*
	<i>Allium cepa</i>		ns	
<i>Erythroxylum stipulosum</i>	<i>Lycopersicum esculentum</i>	Germinação	*	*
		Caulículo	ns	**
		Radícula	ns	**
	<i>Allium cepa</i>	Radícula	*	ns
		IVG	**	ns
<i>Erythroxylum cuneifolium</i>	<i>Lycopersicum esculentum</i>	Radícula	ns	**
	<i>Allium cepa</i>	Germinação	*	ns
<i>Erythroxylum vacciniifolium</i>	<i>Lycopersicum esculentum</i>	Caulículo	ns	**
	<i>Allium cepa</i>		ns	
<i>Erythroxylum barbatum</i>	<i>Lycopersicum esculentum</i>	Caulículo	ns	**
		Radícula	**	**
		IVG	**	**
	<i>Allium cepa</i>		ns	

Fonte: Dados da pesquisa

(ns): não significativo; (*), Significativo a 5% de probabilidade (**), Significativo a 1% de probabilidade, segundo Teste de Tukey.

Para Laynez-Garsaball e Mendez-Natera, (2006) os valores de pH entre 6,0 e 7,5 são considerados ideais para a germinação da maioria das espécies vegetais. Tanto a germinação

como o crescimento das plântulas são afetados quando o pH é extremamente alcalino ou extremamente ácido (ROY, 1986), com efeitos deletérios observados em condições de pH abaixo de 4 e superior a 10 (EBERLEIN, 1987).

Na Tabela 2 encontra-se os valores de pH dos testes com pH inicial e pH ajustado.

Tabela 2. Valores do pH para as concentrações dos extratos etanólicos das folhas frescas de espécies do gênero *Erythroxylum*.

Espécie testada	Concentrações (%)	pH inicial	pH ajustado
<i>Erythroxylum rosuliferum</i> O.E. Schulz (bandeirinha)	100	5,3	6,3
	50	5,5	6,5
	25	5,5	6,6
	12,5	5,5	6,4
	6,25	5,8	6,1
<i>Erythroxylum stipulosum</i> Plowman (carrasco)	100	5,2	6,0
	50	5,2	6,1
	25	5,3	6,0
	12,5	5,4	6,0
	6,25	5,4	6,0
<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart) O.E. Schulz (carrasquinho)	100	5,6	6,4
	50	5,6	6,6
	25	5,4	6,5
	12,5	5,4	6,5
	6,25	5,3	6,4
<i>Erythroxylum vacciniifolium</i> Mart. (catuaba)	100	5,0	6,4
	50	5,4	6,1
	25	5,5	6,0
	12,5	5,6	6,4
	6,25	6,3	6,3
<i>Erythroxylum barbatum</i> O.E. Schulz (cururu)	100	5,4	6,8
	50	5,5	6,4
	25	5,4	6,7
	12,5	5,6	6,7
	6,25	6,0	6,0

Fonte: Dados da pesquisa

A avaliação do desenvolvimento inicial das plântulas é um instrumento valioso em estudos alelopáticos, uma vez que, substâncias alelopáticas podem induzir a formação de plântulas anormais, sendo a necrose da radícula um dos sintomas mais comuns (FERREIRA e ÁQUILA, 1999). Neste trabalho não ocorreu necrose nas radículas das plântulas nos diferentes tratamentos.

4.2 Efeito alelopático do Extrato Etanólico Bruto (EEB) de espécies do gênero *Erythroxylum* na germinação e crescimento inicial de *Lycopersicum esculentum* e *Allium cepa*.

4.2.1 Germinação

O extrato etanólico bruto (EEB) das folhas de *E. stipulosum* nas concentrações de 6,25, 12,5 e 100% não afetou a germinação das sementes de *L. esculentum* (tomate) nos testes com pH inicial e pH ajustado, enquanto nas concentrações de 25 e 50% verificou-se uma inibição significativa na germinação das mesmas em relação ao controle nos testes com o pH ajustado. Os extratos de *E. rosuliferum*, *E. cuneifolium* e *E. barbatum* não influenciaram a germinação de sementes de *L. esculentum* e *A. cepa*, uma vez que, as médias de germinação, não apresentaram diferenças estatísticas em nenhum dos tratamentos ao serem comparados com o controle, tanto no teste com pH inicial quanto no teste com o pH ajustado (Figura 6). O extrato etanólico de *E. vacciniifolium* também não interferiu na germinação das sementes de *L. esculentum*; já em sementes de *A. cepa* promoveu inibição no teste com pH ajustado, nas concentrações de 25, 50 e 100% (Figura 7).

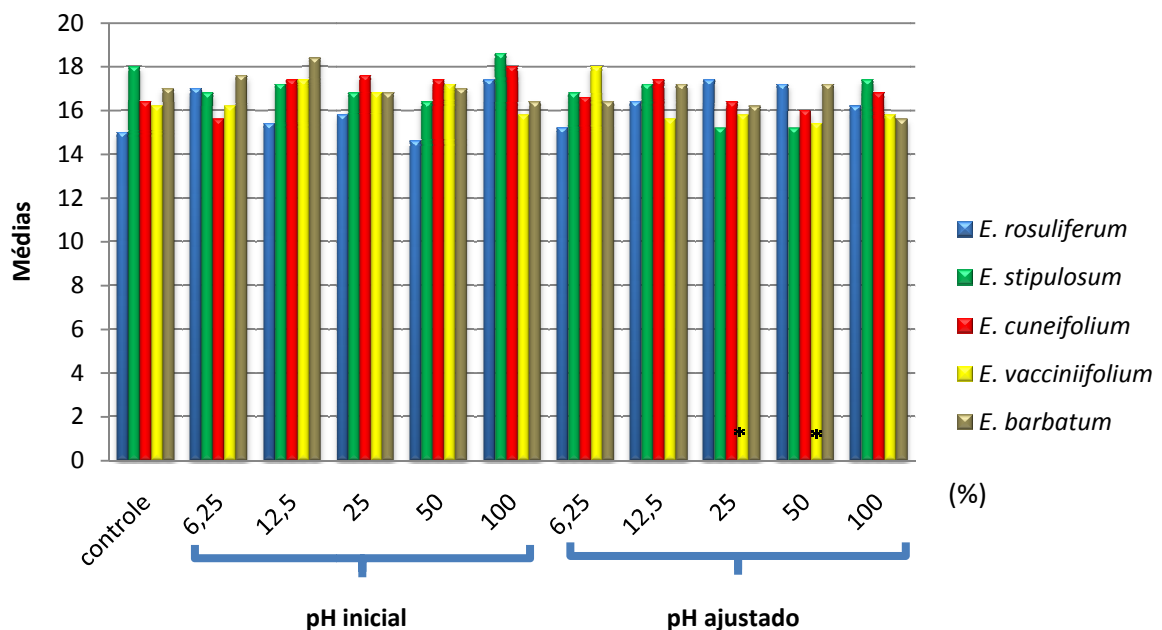


Figura 6. Germinação de sementes de *Lycopersicum esculentum* Mill. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero *Erythroxylum* com pH inicial e pH ajustado.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

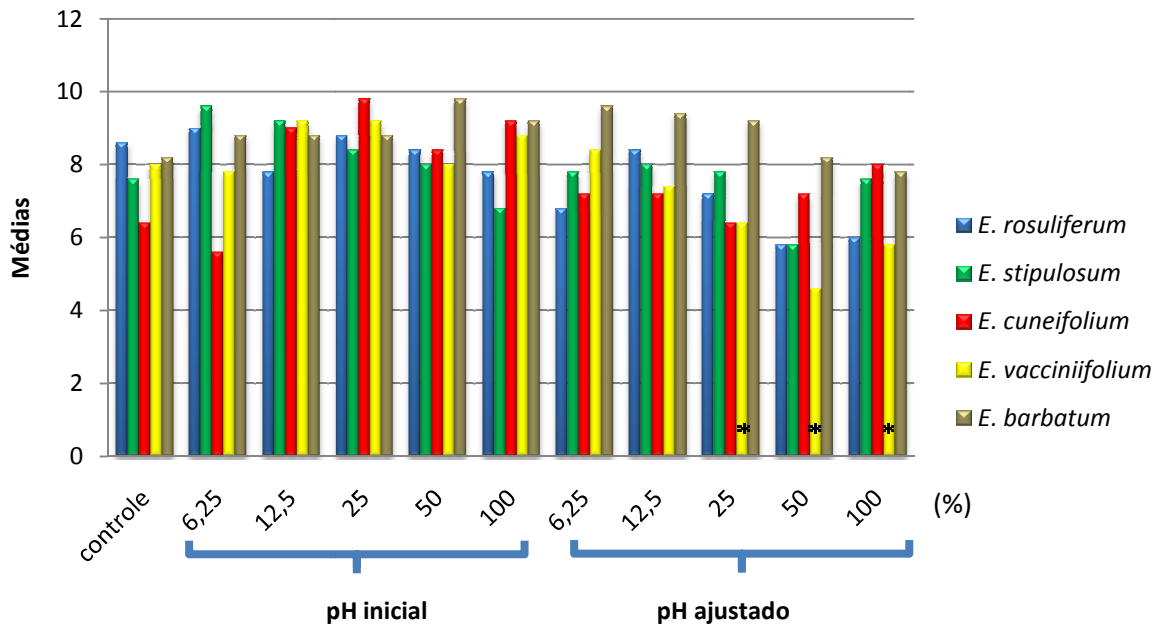


Figura 7. Germinação de sementes de *Allium cepa* L. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero *Erythroxyllum* com pH inicial e pH ajustado. * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

De acordo com Ferreira e Áquila (2000), os aleloquímicos podem interferir no processo de germinação tanto na pré-emergência como na pós-emergência

Em pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2006) o extrato etanólico de folhas de *Stryphnodendron adstringens* não mostrou atividade sobre a germinação de milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*), mas inibiu a germinação de picão (*Bidens pilosus*) em 1/3 com relação aos controles.

Para Ferreira e Aquila (2000), a interferência alelopática é mais incidente sobre o crescimento das plântulas e desenvolvimento das plantas adultas do que sobre o fenômeno da germinação. O que condiz com Silva et al. (2006) ao estudar 15 espécies arbóreas nativas do Cerrado onde apenas quatro apresentaram efeito alelopático, inibindo a germinação de sementes de alface.

4.2.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Os extratos de *Erythroxyllum rosuliferum*, *E. vacciniifolium* e *E. barbatum* tiveram influência no IVG das sementes de *Lycopersicon esculentum* (Figura 8). Para as sementes submetidas ao extrato de *E. rosuliferum*, no teste com pH inicial, observou-se um

retardamento no índice de velocidade de germinação em todas as concentrações, quando comparado com o controle. Já no teste com pH ajustado observou-se um retardamento deste índice no extrato a 100%. O extrato de *E. barbatum* desacelerou a velocidade de germinação das sementes em todas as concentrações do teste com pH ajustado. Em *E. vacciniifolium* o extrato a 25% com o pH inicial, e a 6,25 com pH ajustado provocou um aumento do IVG, enquanto que a 100% no pH ajustado verificou-se um retardamento significativo em relação a este índice.

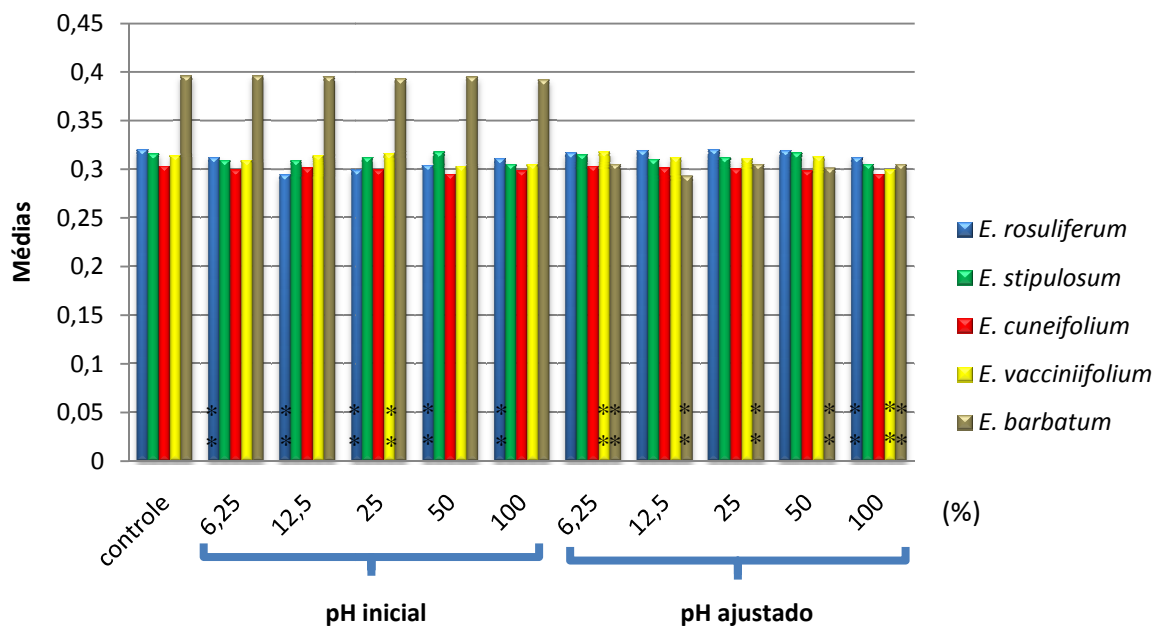


Figura 8. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Lycopersicon esculentum* Mill. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero *Erythroxylum* com pH inicial e pH ajustado.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

Resultado semelhante foi observado por Fernandes et al. (2007), tendo os mesmos observado que o tratamento que continha a menor concentração do extrato de *Merostachys multiramea* Hackel (2,5%) foi o que apresentou germinação mais rápida de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze, mesmo comparada com o tratamento que continha apenas água e o extrato de maior concentração (10%) germinou mais lentamente.

Piña-Rodrigues e Lopes (2001) observaram que os extratos de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. não afetaram a porcentagem de germinação, porém os mesmos extratos reduziram a velocidade de germinação de sementes de ipê amarelo (*Tabebuia alba* (Cham.) Sandw).

Silva (2007) mostrou que o extrato etanólico bruto e as frações FH (fração hexano) e FAE (fração acetato de etila) de folhas de *Dicranopteris flexuosa* (Schrad) Underw interferiu de forma negativa no IVG de alface, entretanto não causou efeito na germinabilidade.

Quando testado o extrato de *E. rosuliferum*, *E. cuneifolium* e *E. barbatum*, em sementes de *Allium cepa* não se obteve resultados estatísticos significativos, nem sobre a germinação, nem sobre o IVG, pH inicial e pH ajustado (Figura 9). Os resultados obtidos em laboratório por Silva (2007), também mostraram que o IVG da cebola não foi sensível ao EEB de *Dicranopteris flexuosa* (Schrad) Underw. Já o extrato de *E. stipulosum* retardou o IVG nas concentrações 6,25 e 25% (pH inicial e ajustado) e *E. vacciniifolium* acelerou na concentração 50% (pH inicial) e 12,5, 25 e 50% (pH ajustado).

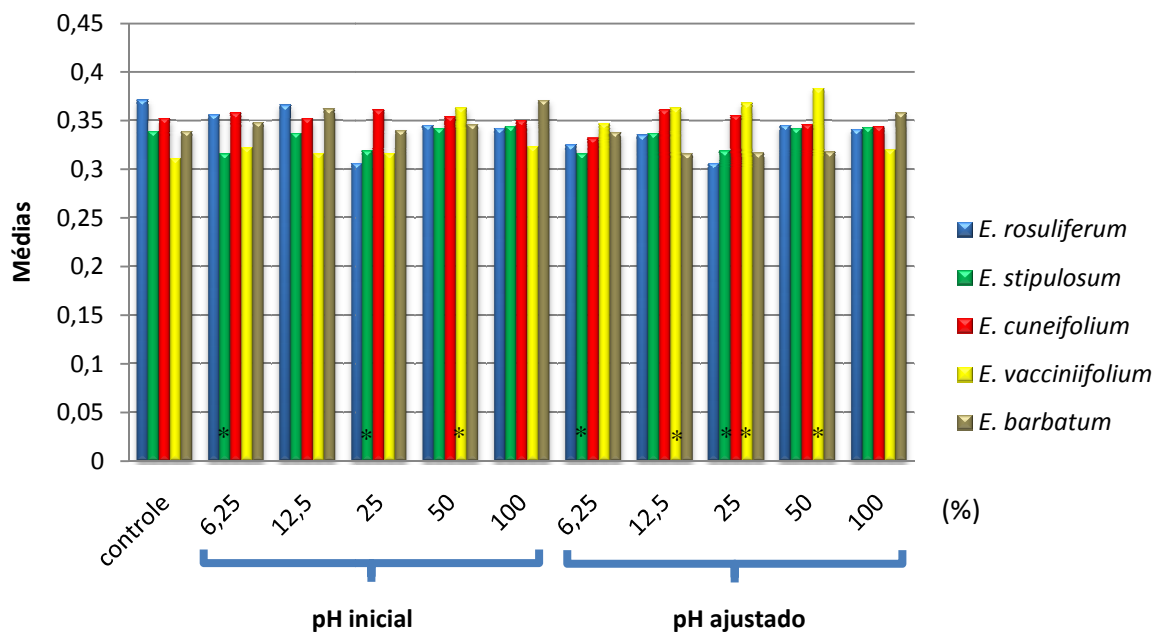


Figura 9. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Allium cepa* L. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero *Erythroxylum* com pH inicial e pH ajustado.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$)

4.2.3 Biometria do caulículo e radícula

O comprimento do caulículo das plântulas de tomate foi afetado significativamente pelos extratos de *E. rosuliferum*, incrementando o crescimento em 50% (pH inicial) e nas concentrações iniciais 6,25, 12,5 e 25% (pH ajustado) e em 100%, o efeito foi fitotóxico. *E. stipulosum* apresentou efeito alelopático negativo nas concentrações 25 e 50% (pH inicial) e 100% (pH ajustado), já o extrato menos concentrado (6,25%) acelerou o crescimento caulinar. Quanto ao extrato de *E. vacciniifolium*, todas as concentrações tiveram influencia negativa, com exceção das concentrações 12,5 e 25% do teste com pH ajustado que não diferiu

estatisticamente do controle. *E. barbatum* apresentou efeito alelopático positivo, uma vez que acelerou o desenvolvimento caulinar em todas as concentrações, exceto os extratos menos concentrados do pH inicial que não diferiu estatisticamente do controle (Figura 10).

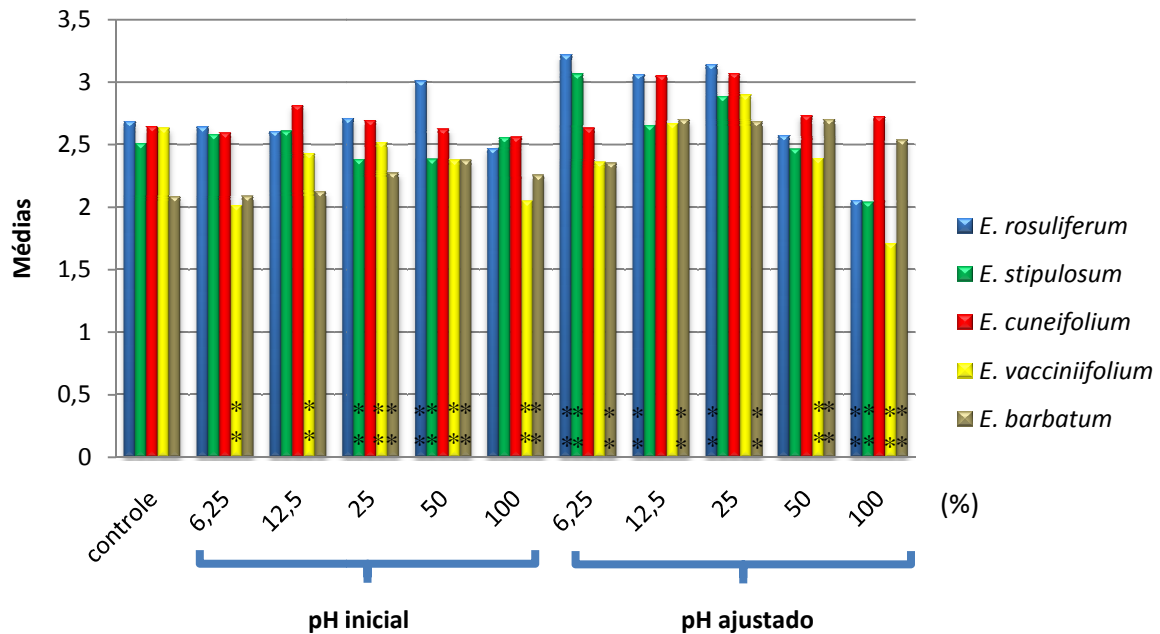


Figura 10. Biometria dos caulículos de plântulas de *Lycopersicon esculentum* Mill. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero *Erythroxyllum* com pH inicial e pH ajustado.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

Segundo Rice (1984), alguns compostos químicos têm atividade alelopática inibitória em altas concentrações e, em menores, podem estimular o mesmo processo.

Para Reigosa et al. (1999), os efeitos dos aleloquímicos nos diferentes processos fisiológicos de uma planta são dependentes da concentração, ou ao menos se espera que sejam, promovendo ativações em baixas concentrações e inibições em altas concentrações.

Jacobi e Ferreira (1991) observaram em seus experimentos, que a parte aérea e as raízes apresentaram respostas diferentes aos aleloquímicos, e que os mesmos, afetam mais o desenvolvimento e/ou crescimento do que a germinação.

Maraschin-Silva e Áquila (2006) em seu trabalho com algumas espécies nativas, entre elas, notaram, aumentos significativos do hipocótilo das plântulas de alface quando submetidas ao extrato foliar *E. argentinum*. Vale ressaltar que o extrato utilizado apresentou pH considerado ideal (entre 6 e 7) para testes alelopáticos.

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas em relação ao comprimento dos caulículos das plântulas de *Allium cepa* quando comparadas ao controle (Figura 11).

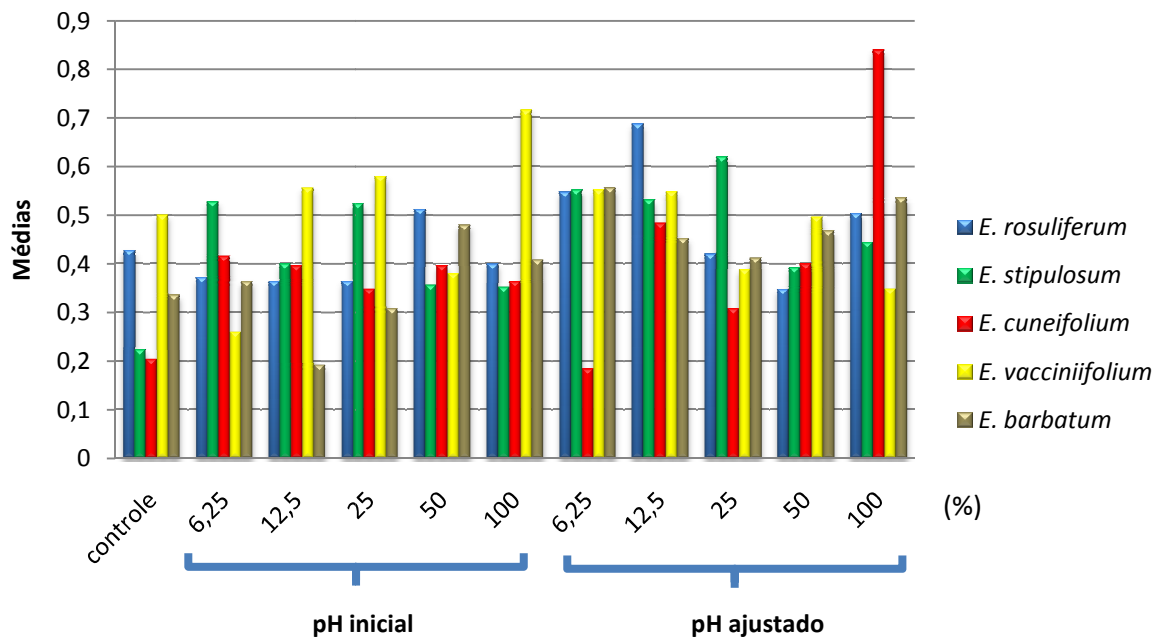


Figura 11. Biometria dos caulículos de plântulas *Allium cepa* L. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero *Erythroxyllum* com pH inicial e pH ajustado.

Quanto ao desenvolvimento radicular, verificou-se um aumento no comprimento das radículas das plântulas de tomate submetidas ao extrato a 6,25% de *E. rosuliferum*. Entretanto, na concentração 100% verificou-se uma inibição no crescimento das mesmas, quando comparado com o controle, no teste com pH inicial. No teste com pH ajustado as radículas submetidas a concentração 25% apresentaram um maior desenvolvimento (Figura 12). Resultados obtidos por Maraschin-Silva e Áquila (2006), mostram que o extrato foliar de *E. argentinum* também reduziu o tamanho das radículas de plântulas de alface, quando comparadas com o controle, com o aumento da concentração do extrato.

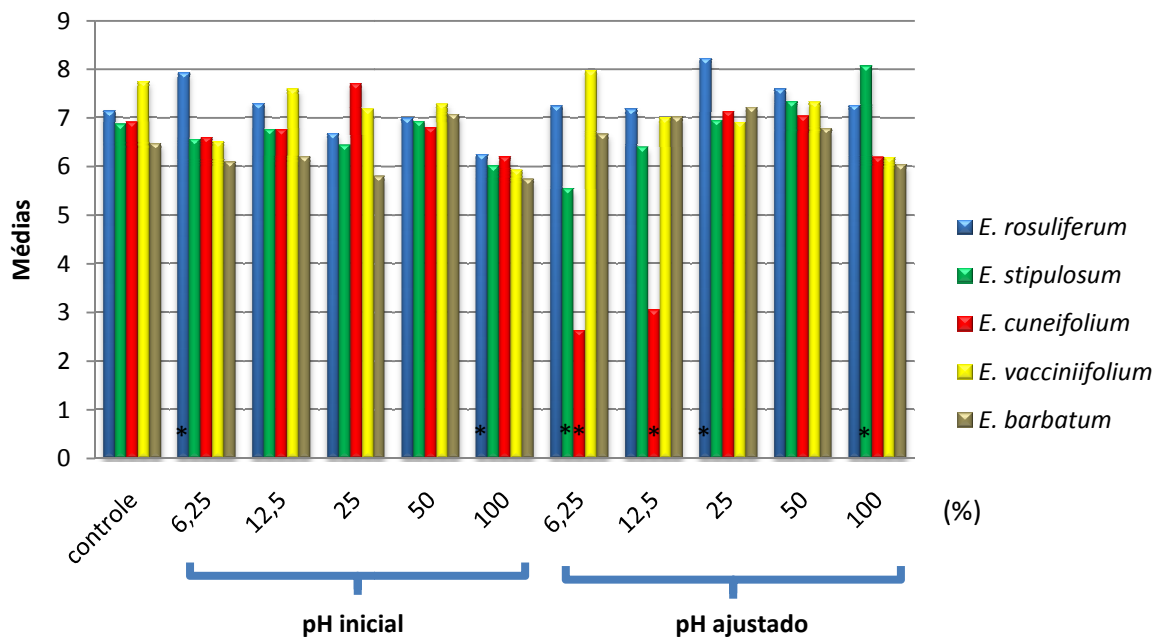


Figura 12. Biometria das radículas de plântulas de *Lycopersicum esculentum* Mill. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero *Erythroxylum* com pH inicial e pH ajustado.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

O extrato de *E. stipulosum* inibiu o desenvolvimento das radículas de tomate na concentração 6,25% do teste com pH ajustado e acelerou em 100% em relação ao controle, resultados contrário do efeito observado em relação ao caulículo quando submetido ao mesmo extrato. Para Ferreira e Áquila (1999), os efeitos dos aleloquímicos, contudo, podem variar conforme o órgão da planta onde eles atuam, sendo capazes de causar inibições em um órgão e pequenos incrementos em outro.

O extrato de *E. cuneifolium* no teste com pH ajustado nas concentrações 6,25 e 12,5% promoveu efeitos fitotóxicos evidentes no crescimento da raiz quando comparados ao controle. Já as demais concentrações não acarretaram em nenhuma alteração quando comparadas ao controle.

D'Abrosca et al. (2001) obtiveram vinte e quatro compostos de *Sambucus nigra* testando suas propriedades alelopáticas em três diferentes espécies, *Lactuca sativa*, *Raphanus sativa* e *Allium cepa* com concentrações variadas, verificando resultados diversificados como estímulo e inibição em várias proporções no crescimento da radícula das três espécies.

O desenvolvimento da radícula da cebola foi significativo para os extratos de *E. stipulosum* e *E. vacciniifolium*. No teste com pH inicial verificou-se uma atividade alelopática positiva nos tratamentos menos concentrados 6,25 e 12,5%. No teste com pH ajustado o mesmo resultado foi observado somente na concentração 6,25% para o extrato de

E. stipulosum. Extratos de *E. vacciniifolium* apresentaram inibição na concentração 6,25% (pH inicial) e 12,5, 25, 50 e 100% (pH ajustado) quando comparado ao controle (Figura 13).

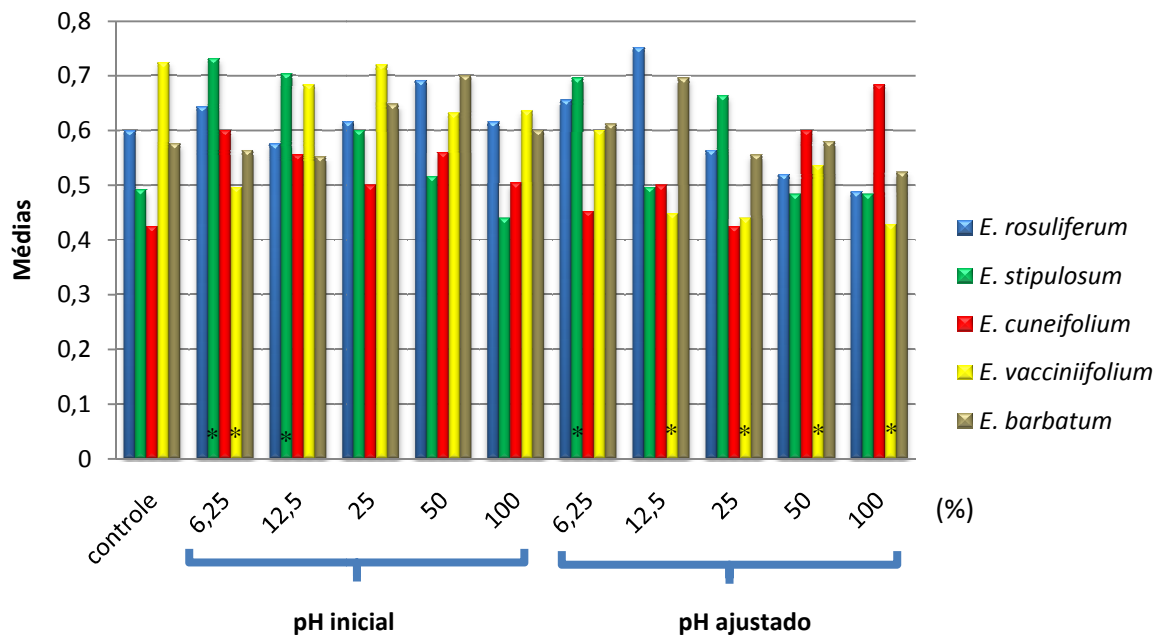


Figura 13. Biometria das radículas de plântulas de *Allium cepa* L. submetidas a diferentes concentrações do extrato etanólico bruto das espécies do gênero *Erythroxyllum* com pH inicial e pH ajustado.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

Peres et al. (2004) verificaram que extratos etanólicos de *Adiantum serratodentatum* Humb. e Bonpl. ex Willd. e *Pteris denticulata* Sw. (Pteridaceae) inibiram significativamente o crescimento de cebola.

Para Ranal (2006) e Ferreira (2004) a interferência no crescimento da plântula é reflexo do metabolismo. As alterações ocorridas nas plântulas submetidas aos extratos nas diversas concentrações podem resultar de efeitos na permeabilidade da membrana, transcrição e tradução do DNA, funcionamento dos mensageiros secundários, da respiração, por sequestro de oxigênio, mudança na conformação de enzimas, ou ainda, da combinação desses fatores.

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 de 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 e FERREIRA, 1991).

Segundo Chon et al. (2000), geralmente, as raízes são mais sensíveis às substâncias presentes nos extratos quando comparadas com as demais estruturas das plântulas. Provavelmente, isso se deve ao fato das raízes estarem em contato direto e prolongado com o extrato (aleloquímicos) em relação às demais estruturas das plântulas (CHUNG et al.2001) e/ou a um reflexo da fisiologia distinta entre as estruturas (FERREIRA e AQUILA, 1999).

Nas Figuras 14 a 23 (p. 61 e 65) podem ser observadas as diferenças morfológicas das plântulas de tomate e cebola submetidas ao extrato etanólico bruto de folhas frescas de *E. rosuliferum*, *E. stipulosum*, *E. cuneifolium*, *E. vacciniifolium* e *E. barbatum* com pH inicial e pH ajustado.

4.3 Análise Fitoquímica

A análise fitoquímica, pela detecção de compostos de metabolismo secundário, nos extratos das folhas frescas das espécies em estudo revelou a presença de taninos, fenóis, flavonóides e alcalóides (Tabela 3).

Tabela 3 Classes de metabólitos secundários encontradas nos extratos etanólicos das folhas frescas de espécies do gênero *Erythroxylum*.

Espécies	Classes de metabólitos secundários			
	Taninos	Fenóis	Flavonóides	Alcalóides
<i>Erythroxylum rosuliferum</i>	+	-	+	+
<i>Erythroxylum stipulosum</i>	-	+	+	+
<i>Erythroxylum cuneifolium</i>	-	+	+	+
<i>Erythroxylum vacciniifolium</i>	+	-	+	+
<i>Erythroxylum barbatum</i>	-	+	+	-

Fonte: Dados da pesquisa
(+): Presente; (-): Ausente

Estudos fitoquímicos feitos com diferentes espécies do gênero *Erythroxylum* levaram ao isolamento de vários metabólitos secundários como flavonóides e alcalóides, bem como

taninos, terpenos e fenilpropanóides que apresentam atividades anti-oxidantes, anticancerígenas, atividade anti-inflamatória dentre outras (EVANS, 1981; ANSELL et al.1993 e NAKAMURA, 2003).

O gênero *Erythroxylum* caracteriza-se pela presença de alcalóides do grupo tropano, dentre os quais, a cocaína, um alcalóide natural produzido por *E. coca*, que foi empregado como anestésico local em pequenas cirurgias (BOHM et al. 1982; GRIFFIN e LIN 2000), atualmente comercializada ilegalmente nos grandes centros urbanos para uma considerável população toxicodependente.

Substâncias químicas de classes como terpenos, compostos fenólicos, cumarinas, flavonóides, alcalóides, glicosídeos, taninos e quinonas, oriundas do metabolismo secundário dos vegetais, podem desencadear efeitos benéficos ou maléficos sobre outros vegetais ou demais organismos (PINÃ- RODRIGUES e LOPES, 2001).

Compostos fenólicos correspondem à classe de metabólitos secundários na qual se encontra a maior parte dos compostos apontados como tendo atividade alelopática, incluindo desde fenóis simples a taninos de estrutura complexa (RICE, 1984).

Contudo, não se pode afirmar que a presença desses compostos, nos extratos das plantas, tenha ocasionado os efeitos alelopáticos, visto que as reações foram apenas de determinação de presença ou ausência. Logo, faz-se necessário o isolamento dos constituintes químicos para avaliar qual é o composto responsável pela ação alelopática.

Cabe ressaltar ainda que os resultados obtidos em laboratório para alelopatia, podem não se confirmar em condições naturais, visto a ocorrência simultânea de fatores bióticos e abióticos que podem interferir nos resultados finais. Sendo assim é fundamental que seja realizado testes de campo, para que as interferências externas sejam avaliadas.

As tabelas 4 e 5 (p. 66 e 67) trazem as médias de germinação, IVG e biometria dos caulículos e radículas das espécies receptoras quando submetidas aos extratos de *E. rosuliferum*, *E. stipulosum*, *E. cuneifolium*, *E. vacciniifolium* e *E. barbatum*.

5. CONCLUSÕES

O Extrato Etanólico Bruto - EEB de *E. stipulosum* inibiu a germinação de *L. esculentum* e o de *E. vacciniifolium* inibiu a germinação de *A. cepa*.

Os EEBs de *E. rosuliferum* e *E. barbatum* retardaram o IVG de *L. esculentum*, enquanto que *E. vacciniifolium* acelerou o IVG tanto em *L. esculentum* quanto em *A. cepa*.

Os EEBs de *E. rosuliferum* e *E. barbatum* estimularam o desenvolvimento do caulículo de *L. esculentum*. Enquanto *E. stipulosum* e *E. vacciniifolium* causaram inibição para as plântulas de *A. cepa*.

O EEB de *E. rosuliferum* estimulou o crescimento das radículas de *L. esculentum*, enquanto que os extratos de *E. stipulosum* e *E. cuneifolium* inibiram o desenvolvimento de plântulas de *L. esculentum*. Já *E. stipulosum* estimulou o crescimento das radículas de *A. cepa* e *E. vacciniifolium* inibiu o mesmo.

As sementes e plântulas *L. esculentum* (dicotiledônea) foram mais sensíveis aos extratos do que as sementes e plântulas *A. cepa* (monocotiledônea).

Os testes com pH ajustado obtiveram os resultados mais significativos, mostrando assim as possíveis interferências do pH em relação as espécies testadas.

Os metabólitos encontrados nas espécies estudadas, provavelmente estão relacionados às alterações verificadas nos bioensaios em relação à germinação e ao desenvolvimento de plântulas de tomate e cebola sendo necessário, no entanto, o isolamento desses aleloquímicos e estudos mais aprofundados sobre estes, bem como o teste de campo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. S. **Alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988.

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. Perspectivas da utilização de aleloquímicos no manejo de plantas daninhas. *In: Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas: Panorama atual e perspectivas na agricultura*. Ed. Embrapa Amazônia Oriental, p. 24-58, 2008.

AN, M. e PRATLEY, J. **Searching native Australian plants for natural herbicides - a case study**. 4th World Congress on Allelopathy, 2005. Disponível em. <http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/7/2727_anm.htm#TopOfPage>. Acesso em: 12 jan. 2009.

AN, M.; JOHNSON, I.R.; LOVETT, J.V. Mathematical modeling of allelopathy: biological response to allelochemicals and its interpretation. **Journal of Chemical Ecology**, v.19, n.10, p. 2379-2388, 1993.

ANSEL, S. M.; PEGEL, K. H.; TAYLOR, D. A. H. Diterpenes from the timber of 20 *Erythroxylum* species. **Phytochemistry** n. 32, p. 953-959, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos** : apresentação. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: informação e documentação: referências** : elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

BORGHETTI, F. e PESSOA, D. M. de A. Autotoxidade e alelopatia em sementes de *Solanum lycocarpum* St.Hil. (Solanaceae). *In: LEITE, L.; SAITO, C.H. (Orgs.) Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado*. Trabalhos selecionados do 3o. Congresso de Ecologia do Brasil, Brasília, DF. Universidade de Brasília, p. 54-58. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e reforma agrária. **Regras para Análise de Sementes**.SND/CLU, Brasília, 1992.

BRASS, F.E.B. Análise de atividade alelopática de extrato aquoso de falsa-murta sobre a germinação de picão-preto e caruru. Centro Científico Conhecer - **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 5, n. 8, 2009.

BOHM, B.A.; GANDERS, F.R.; PLOWMAN, T. Biosystematics and evolution of cultivated coca (Erythroxylaceae). **Systematic Botany**, v. 7: 121-133, 1982.

BRINGMANN, G.; GUNTHER, C.; MUHLBACHER, J.; LALITH, M.D.; GUNATHILAKE, P.; WICKRAMASINGHE. Tropane alkaloids from *Erythroxylum zeylanicum* O. E. Schulz (Erythroxylaceae). **Phytochemistry**, v. 53, 409-416, 2000.

CARVALHO, S. C. I. **Caracterização dos efeitos alelopáticos de *Brachiaria brizantha* ev. Marundu no estabelecimento das plantas de *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* cv. Bandeirantes**. Dissertação. Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 1993.

CASTRO, A.A.J.F.; CASTRO, A.J.F.; FARIAS, R.R.S.; SOUSA, S.R.; CASTRO, N.M.C.F.; SILVA, C.G.B.; MENDES, M.R.A.; BARROS, J.S. Relatório final do projeto de pesquisa: diversidade de espécies e de ecossistemas da vegetação remanescente da serra vermelha, área de chapada, municípios de Curimatá, Redenção do Gurguéia e Morro Cabeça no Tempo, Sudeste do Piauí. Instituto Desert e Programa Bioten. **Publ. Avusas conserv. Ecossistemas**, 23:1-72, mai., 2009.

CHOU, C. H.; FU, C. Y.; LI, S. Y.; WANG, Y. F. Allelopathic potential of *Acacia confusa* and related species in Taiwan. **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, n. 12, p. 2131- 2150, 1998.

CHON, S.U.; COUTTS, J.H.; NELSON, C.J. Effects of light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. **Agronomy Journal**, v. 92, 715-720. 2000.

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

DALY, D. Erythroxylaceae. Pp.143-145. In: N. SMITH; S.A. MORI, A. HENDERSON et al (eds.). **Flowering Plants of Neotropics**. USA, The New York Botanical Garden. Princeton University Press, 2004.

D'ABROSCA, B.; DELLAGRECA, M.; FIORENTINO, A.; MONACO, P.; PREVITERA, L.; SIMONET, A.M.; ZARRELLI, A. Potential allelochemicals from *Sambucus nigra*. **Phytochemistry**, v. 58, p. 1073-1081, 2001.

DUKE, S. O.; BAERSON, S.R.; DAYAN, F.E.; KAGAN, I.A. Chemical from nature for weed management. **Weed Science**, v. 50, n. 2, p. 138-151, 2002.

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

EBERLEIN, C.V. Germination of *Sorghum alnum* seeds and longevity in soil. **Weed Science**, n.35, p. 796-801, 1987.

EINHELLIG, F. A. Interactions involving allelopathy in cropping systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 6, p. 886-893, 1996.

EINHELLIG, F.A. The physiology of allelochemical action: Clues and views. *In*: REIGOSA, M. & PEDROL, N. **Allelopathy from Molecules to Ecosystems**. Vigo, Universidade de Vigo. p. 1-23, 2002.

EINHELLIG, F.A.; MUTH, M.S.; SCHON, M.K. Effects of allelochemicals on plant-water relationships. *In*: THOMPSON, A.C. (Ed.). **The Chemistry of allelopathy: Biochemical interaction among plants**. Washington, D.C: American Chemical Society, p.170-195, 1985.

EVANS, W. C. The The comparative phytochemistry of the genus *Erythroxyllum*. **J. Ethnopharmacology**, n. 3, p. 265-277, 1981.

FERNANDES, L.A.V.; MIRANDA, D.L.C.; SANQUETA, C.R. Potencial alelopático de *Merostachys multiramea* Hackel sobre a germinação de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 139-146, 2007.

FERREIRA, A. G. Interferência: competição e alelopatia. *In*. **Germinação: do básico ao aplicado** (A. G. Ferreira; F. Borghetti, eds.). Ed. Artmed. Porto Alegre, p.251-262, 2004.

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

FERREIRA, A. G. e AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **VII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal**. Brasília, DF. 1999.

GATTI, A. B.; PEREZ, S. Cr.; LIMA, J.G.A. SALGUEIRO. Allelopathic activity of aqueous extracts of *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze in the germination and growth of *Lactuca sativa* L. and *Raphanus sativus* L. **Acta Botânica Brasilica**, v.18, n.3, p.459-472, 2004.

GRANKHOV, V. P. e DIDYK, N. P. Phytocenotics approach in allelopathy of higher plants. *In: WORLD CONGRRESS ON ALLOPATHY. Annais*. Cádiz: Sapin, p. 52, 1996.

GRIFFIN, W.J. e LIN, G.D. Chemotaxonomy and geographical distribution of tropane alkaloids. *Phytochemistry* v. 53, p. 623-637, 2000.

INDERJIT e DAKSHINI, K.M.M. On laboratory biossays in allelopathy. *The Botanical Review*, v. 61, p. 28-44, 1995.

INDERJIT e DUKE, S.O. Ecophysiological aspects of allelopathy, *Plant*, v. 217, p. 529-539, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro, 1993.

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

LABOURIAU, L.G. e VALADARES, M.B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, São Paulo, v. 48, p.174-186. 1976.

LAYNEZ-GARSABALL, J.A. e MENDEZ-NATERA, J.R. Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*Cyperus rotundus* L.) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plântulas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). *IDESIA*, v. 24, n. 2, p. 61-75, 2006.

LEATHER, G.R. e EINHELLIG, F.A. Bioassays in the study of allelopathy. *In: PUYNAN, A.R. e TANG, C.S. The Science of Allelopathy*. Jhon Wiley and sons, New York, NY, p.133-145. 1986.

LEE, I.K. e MONSI, M. Ecological studies on *Pinus densiflora* Forest. I. Effects of plant substances on the floristic composition of the ungergrowth. *Botanical Magazzine*, v. 76, p. 400-413, 1963.

LOIOLA, M.I.B. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Erythroxylaceae. *Botânica da Universidade de São Paulo* v. 22, n. 2, p. 101-108, 2004.

LOIOLA, M I B. In: Barbosa, M. R. de V., Sothers, C., Mayo, S., Gamarra-Rojas, C. F. L., Mesquita, A. C. de. (Orgs). **Cheklis das plantas do nordeste brasileiro: Angiospermas e Gymnospermas**. Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília, 2006a.

LOIOLA, M I B. In: Giuliatti, A. M., Conceição, A., Queiroz, L. P. Eds). **Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro**. Associação Plantas do Nordeste, Recife, 2006b.

LOIOLA, M.I.B.; AGRA, M.F.; BARACHO, G.S.; QUEIROZ, R.T. Flora da Paraíba, Brasil: Erythroxyaceae Kunth. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 2 São Paulo, 2007.

LOIOLA, M.I.B. 2010. Erythroxyaceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB01741>) Acesso em: 10 abr. 2011.

MACIAS, F. A.; CASTELLANO, D.; MOLINILLO J. M. G. Search for a standard phytotoxic biassay for allelochemicals. Selection of standard target species . **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 48, n. 66, p. 2512-2521, 2000a.

MACIAS, F.A., GALLINDO, J.C.G., MOLINILLO, J.M.G. Plant biocommunicators: Application of allelopathic studies. In: **2000 Years of Natural Products Research Past, Present and Future**, Ed Teus J.C. Luijendijk, Phytoconsult, p. 137-161, 2000b.

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

MARASCHIN-SILVA, F. e AQUILA, M. E. A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Acta Botânica Brasilica**, v.30, n.4, p.547-555, 2006

MATOS, F. J. A. **Introdução à fitoquímica experimental**. 2. ed. Fortaleza: Editora UFC, 1997.

MAZZAFERA, P. Efeito alelopático do extrato alcoólico do cravo-da-índia e eugenol. **Revista Brasil. Bot.**, v. 26, n.2, p.231-238, 2003.

MEDEIROS, A.R.M. Alelopatia – importância e suas aplicações. **Horti Sul**. v.1, n. 3, p. 27-32, 1990.

MOLINILLO, J.M.G. e CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz., v.1, p. 63-70, 1999.

MOLISCH, H. **Der Einfluss einer Pflanze auf die andere Allelopathie**. Verlag, Jena: Gustav Fischer, p. 106, 1937.

NACZK, M. e SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography**. v. 1054, n. 1-2, 2004.

NAKAMURA, A. T. **Morfologia e anatomia dos frutos e sementes de três espécies de *Erythroxylum P.Browne* (Erythroxylaceae)**, 2003. Dissertação de Mestrado; Instituto de Biociências de Botucatu; Universidade Estadual Paulista.

PERES, M.T.L.P.; SILVA, L.B.; FACCENDA, O e HESS, S. Allelopathic potential of species of Pteridaceae (Pteridophyta). **Acta Botanica Brasílica**, v. 18, p. 723-730, 2004.

PERES, L.E.P. **Metabolismo secundário**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Disponível em: <docentes.esalq.usp.br/lazaropp/FisioVegGradBio/MetSec.pdf> Acesso em 10 abr. 2011-04-18

PINÃ- RODRIGUES, F.C.M. e LOPES, B.M. Potencial Alelopático de *Mimosa caesalpinaefolia* Benth. sobre sementes de *Tabebuia alba*. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.130-136, 2001.

PIRES, N. M.; PRATES, H. T.; PEREIRA FILHO, I. A. Atividade Alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. **Science: Agriculture**, v.58, n.1, p.61-65, Jan./Mar. 2001.

PLOWMAN, T. C. New species of *Erythroxylum* from Brazil and Venezuela. **Botanical Museum Leaflets** v. 29(3), p. 273-290, 1983.

PLOWMAN, T. C. Four new species of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) from north-eastern Brazil. **Brittonia** v. 38(3), p.189-200, 1986.

PLOWMAN, T. C. Ten new species of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) from Bahia, Brazil. *Fieldiana*, **Botany**, v. 19, p. 1-41, 1987.

PLOWMAN, T.C. e HENSOLD, N. Names, types and distribution of neotropical species of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae). **Brittonia**, v. 56(1), p. 1-53, 2004.

PRATLEY, J.E.; NA, M.; HAIG, T. Following a specific protocol establish allelopathy conclusively - an Australian case study. *In: MACIAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G. & CUTLER, H.G.(Eds.) Recent advances in allelopathy.* Cadiz,. v.1, p.63-70, 1999.

PUTNAM, A.R. e WESTON, L.A. Adverse impacts of allelopathy in agricultural systems. *In: PUTNAM, A.R.; TANG, C. (Eds.). The science of allelopathy.* New York: A. Willey-Interscience Pub. v.3, p.43-56, 1986.

PUTNAM, A.R. e TANG, C.S. **The Science of Allelopathy.** John Wiley and sons, New York, NY, p. 133-145. 1986.

QASEM, J.R. e FOY, C.L. Weed allelopathy, its ecological impacts and future prospects: a review. **Journal Crop Production**, v.4, p.43-119, 2001.

RANAL, M. Medidas de germinação para avaliar interações alelopáticas. *In: Os avanços da botânica no início do século XXI (J.E.A. Mariath, R.P. Santos, eds.). Sociedade Botânica do Brasil.* Porto Alegre, 749 p, 2006.

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

RIBEIRO, J.E.L.S. HOPKINS, M.J.G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C.A.; COSTA, M.A.S.; BRITO, J.M.; SOUZA, M.A.D.; MARTINS, L.H.P.; LOHMANN, L.G.; ASSUNÇÃO, P.A.C.L.; PEREIRA, E.C.; SILVA, C.F.; MESQUITA, M.R. e PROCÓPIO, L.C. **Flora da Reserva Ducke:** Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. IMPA, Manaus, 1999.

RICE, E. L. Allelopathy: an update. **The Botanical Review**, Bronx, v. 45, p.15-109, 1979.

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

RIZVI, S.G.H. e RIZVI, V. (Eds.) **Allelopathy: basic and applied aspects.** Chapman and Hall, London. 1992.

RODRIGUES, F.C.M.P. e LOPES, B.M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.8, p.130-136, 2001.

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

ROY, M.M. Effects of pH on germination of *Dichrostachys cineria* (L.). *Wegth e Arn. Journal Tree Science*. v.5, p. 62-64, 1986.

SANTOS, R.I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. *In: SIMÕES, C.M.O., et al., Farmacognosia da planta ao medicamento*. Porto Alegre-Florianópolis. Editora Universidade/UFRGS, 1999.

SANTOS, J. C. F.; SOUSA, I.F.; MENDES, A.N.G.; MORAIS, A.R.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; MARINHO, J.T.S. Efeito de café e de arroz na emergência e no crescimento do caruru-de-mancha. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, 2002.

SANTOS, S. e REZENDE, M.O.O. Avaliação do potencial herbicida de compostos secundários na germinação de sementes de plantas daninhas encontradas em pastagens. **Revista Analytica**. v. 2, n. 32, 2008.

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

SILVA, V.S. **Potencial alelopático de *dicranopteris flexuosa* (schr.) underw. (gleicheniaceae): ensaios em laboratório e em casa de vegetação**. 2007. Dissertação de Mestrado; Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

SILVA, G. B.; MARTIM, L.; SILVA, C.L.; YOUNG, M.C.M.; LADEIRA, A.M. Potencial alelopático de espécies arbóreas nativas do cerrado. **Hoehnea**, v. 33 (3), p. 331-338 Novembro, 2006.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. Porto Alegre - Florianópolis. Editora Universidade / UFRGS / UFSC, 1999.

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**, v.10, n.1, p.63-121, 1991.

SMITH, A. F. e MARTIN, L. D. Allelopathic characteristics of three cool-season grass species in the forage ecosystem. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 2, p. 243-246, 1994.

SOUZA, I. F. Alelopatia de plantas daninhas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 150, p. 75-78, 1988.

SOUZA -FILHO, A.P.S. e ALVES, S.M. Mecanismos de ação dos agentes alelopáticos. *In*: FILHO, A.P.S.S.; SÉRGIO,M.A. **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**.1 ed. Embrapa. p.131-154. 2002

SOUZA, V.C e LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa- SP, Instituto Plantarum. 640p, 2005.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Editora Artmed, 719 p. 2004.

TAIZ, L. e ZIEGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Massachusetts: Sinauer Associates, cap. 13. p.283-308, 2002.

TEXEIRA, C.M.; ARAUJO, J.B.S.; CARVALHO, G.J. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de Picão-Preto (*Bidens pilosa* L.). **Ciência Agrotecnica**, v. 28, n. 3, p. 691-695, 2004.

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

VERPOORTE, R. e ALFERMANN, A.W. **Secondary Metabolism**. *In*: VERPOORTE, R.;ALFERMANN, A.W. **Metabolic Engineering of Plant Secondary metabolism**. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, p. 353-81, 2000.

VYVYAN, J.R. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. **Tetrahedron**. v. 58, p.1631-1646, 2002.

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. W. e FEENY, P. P. Allelochemics: chemical interactions between species. **Science**, v. 171, n. 3973, p. 757-769, 1971.

ZANOLARI, B.; GUILLET, D.; MARSTON, A.; QUEIROZ, E.F.; PAULO, M.Q.; HOSTETTMANN, K. Tropane alkaloids from the bark of *Erythroxylum vacciniifolium*. **Journal of Natural Products**, v. 66, p. 497-502, 2003.

ZAPPI, D.C. In: B.L. Stannard (Ed.). Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Royal botanic Gardens**, Kew, 1995.

ZHUANG, Q.; SCHOLZ, F.; PRAGST, F. The voltametric behaviour of solid 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) microparticles. **Electrochemistry Communications**, v. 1, p. 406-410, 1999.

ZUANAZZI, J. A. S. TREMEA, V.; LIMBERGER, R.P.; SOBRAL, M.; HENRIQUES, A.T. Alkaloids of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) species from Southern Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 29, p. 819-825, 2001.

APÊNDICES

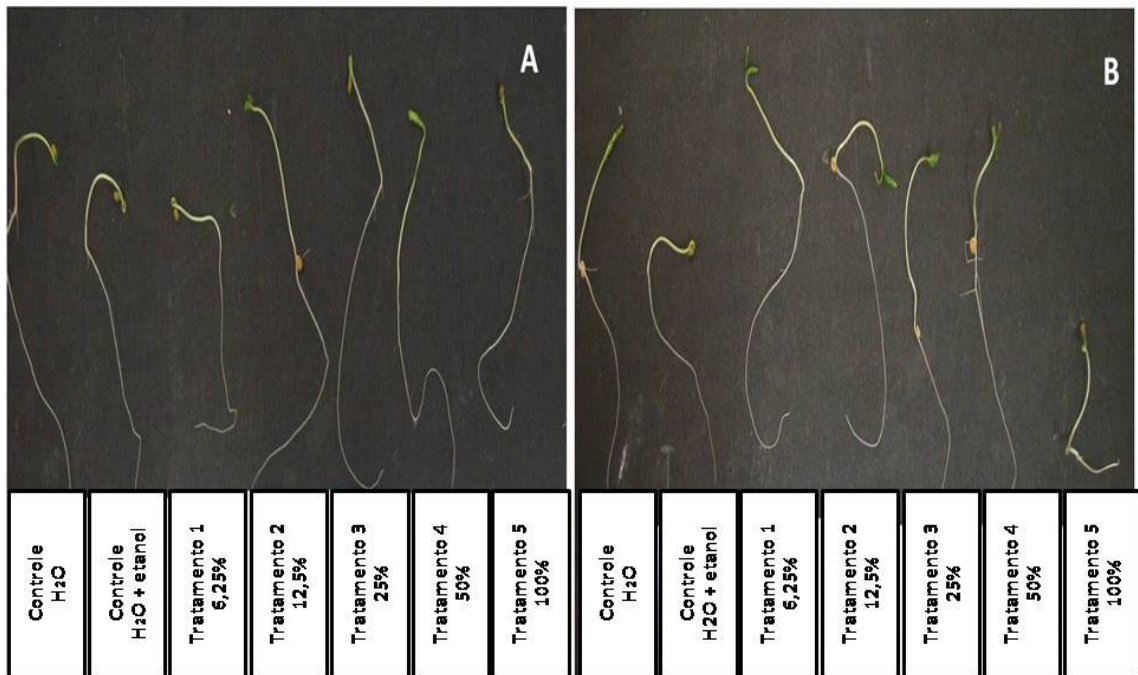


Figura 14 Morfologia das plântulas de *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomate), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum rosuliferum* O.E. Schulz (bandeirinha). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

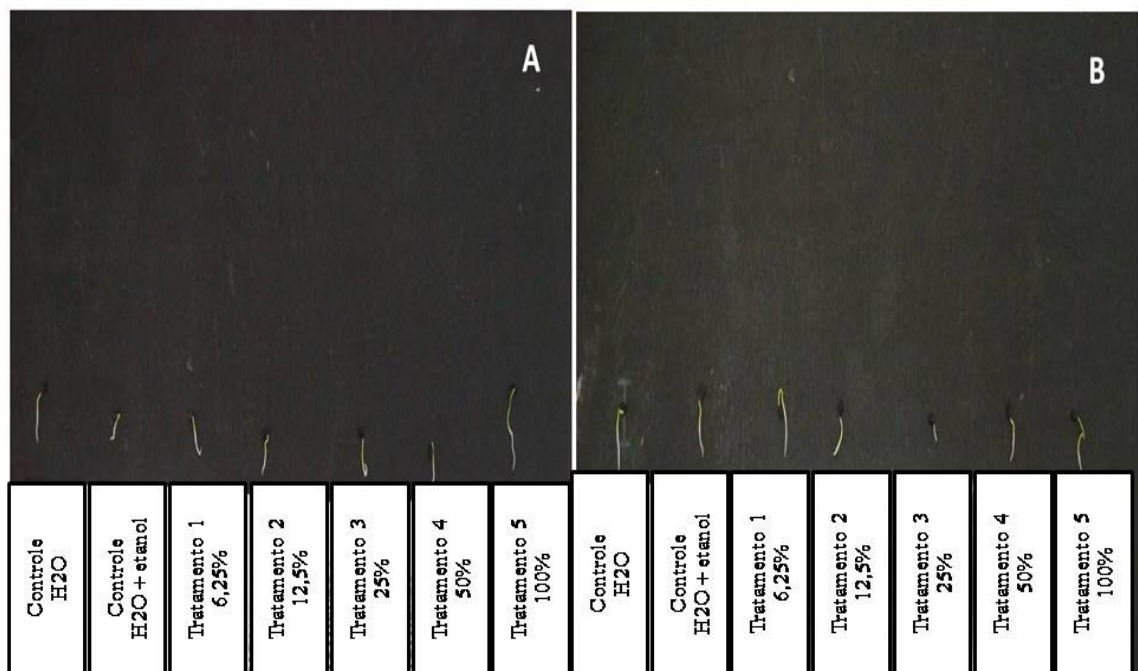


Figura 15 Morfologia das plântulas de *Allium cepa* L. (cebola), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum rosuliferum* O.E. Schulz (bandeirinha). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

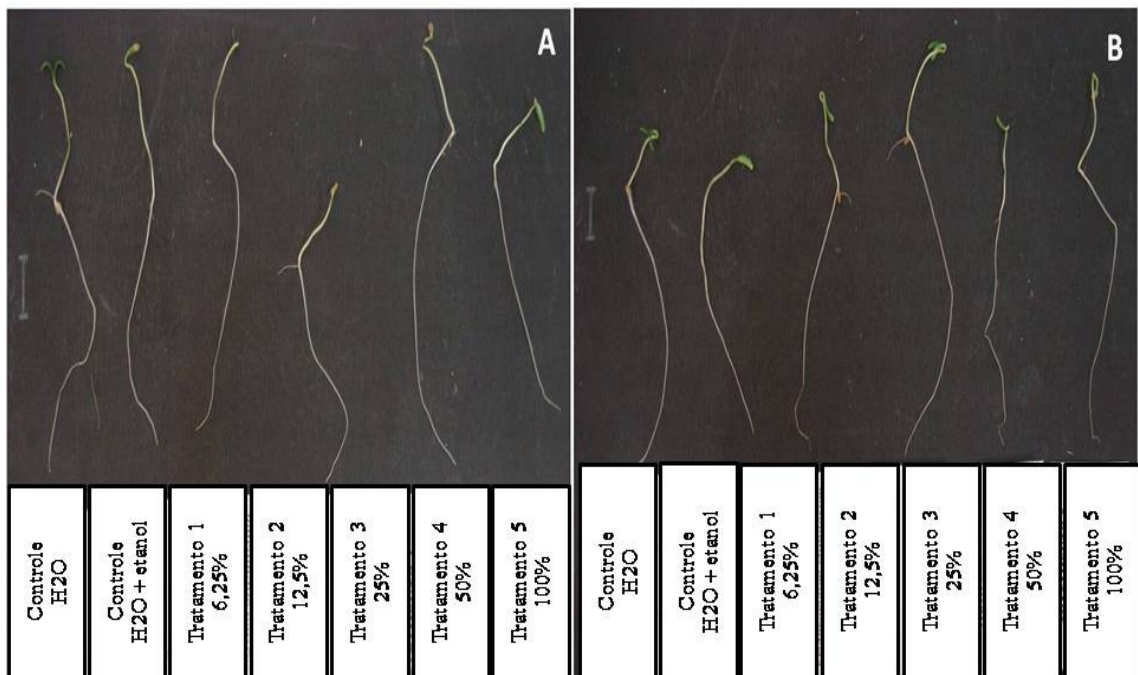


Figura 16 Morfologia das plântulas de *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomate), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum stipulosum* Plowman (carrasco). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

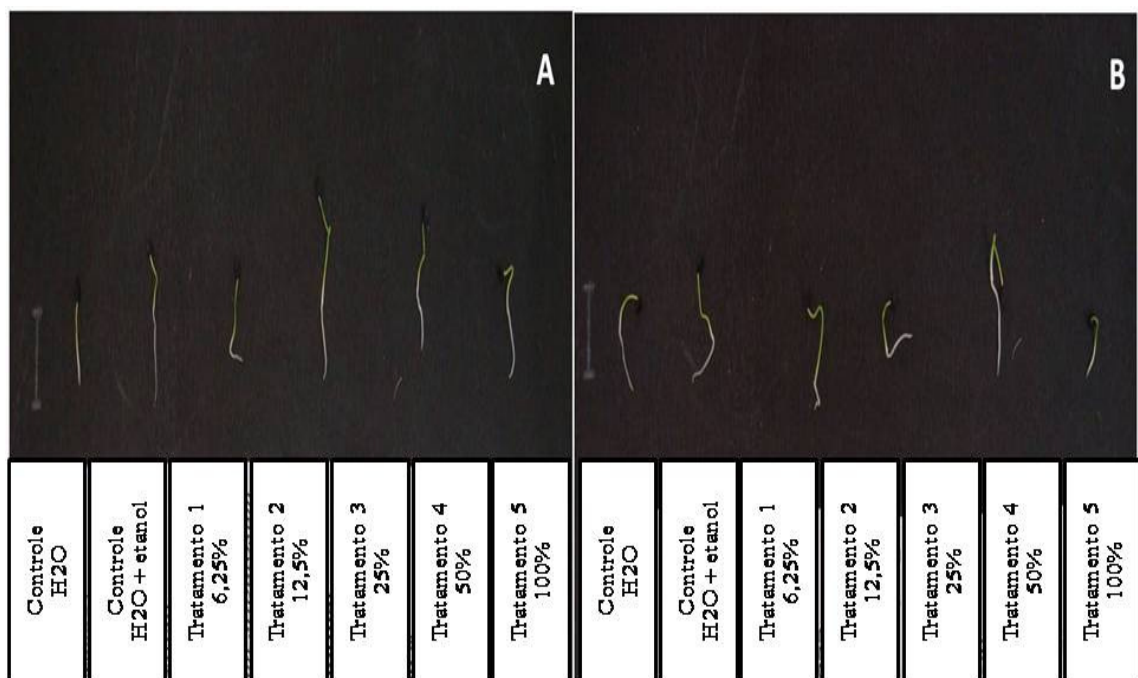


Figura 17 Morfologia das plântulas de *Allium cepa* L. (cebola), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum stipulosum* Plowman (carrasco). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

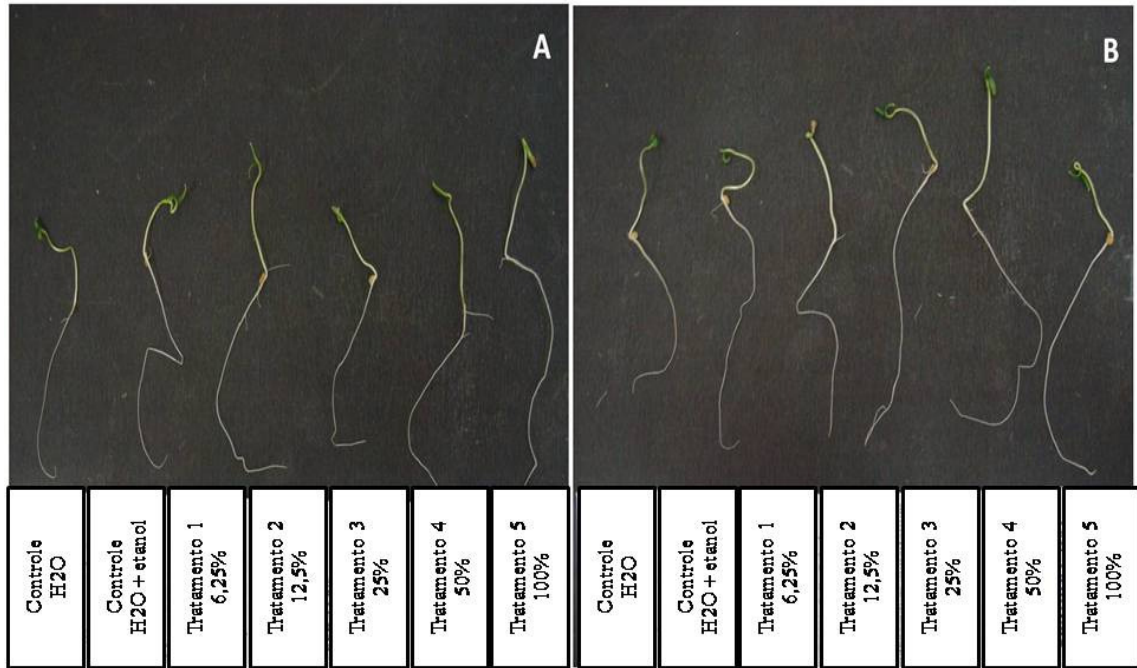


Figura 18 Morfologia das plântulas de *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomate), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum cuneifolium* (Mart) O.E. Schulz (carrasquinho). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

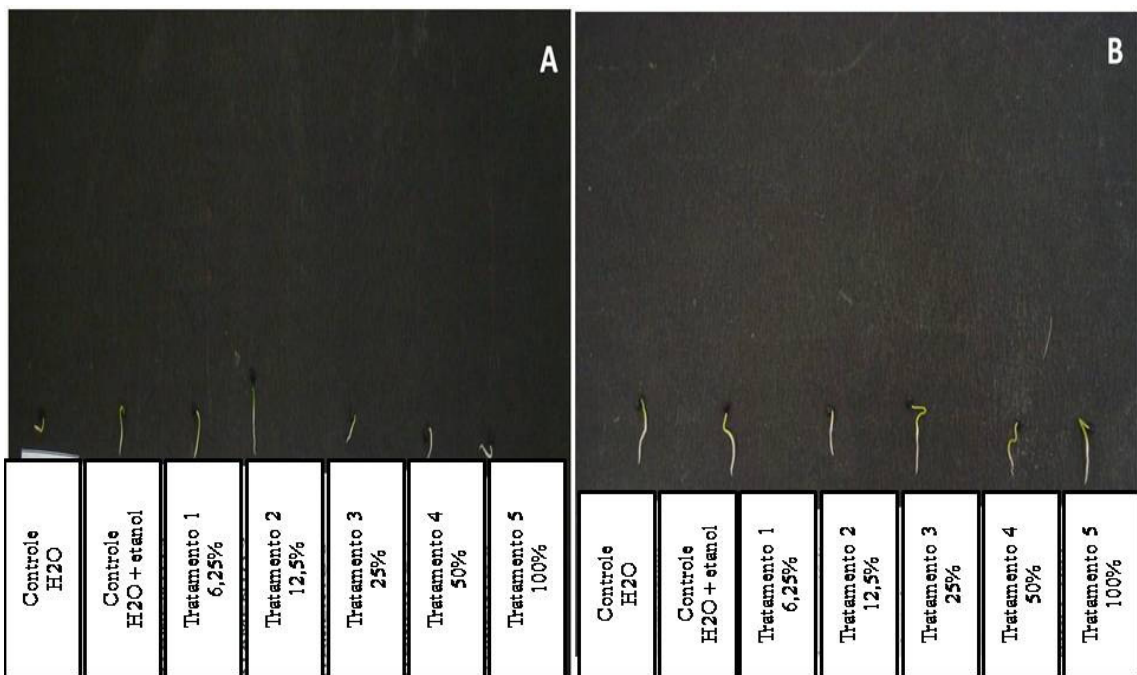


Figura 19 Morfologia das plântulas de *Allium cepa* L. (cebola), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum cuneifolium* (Mart) O.E. Schulz (carrasquinho). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

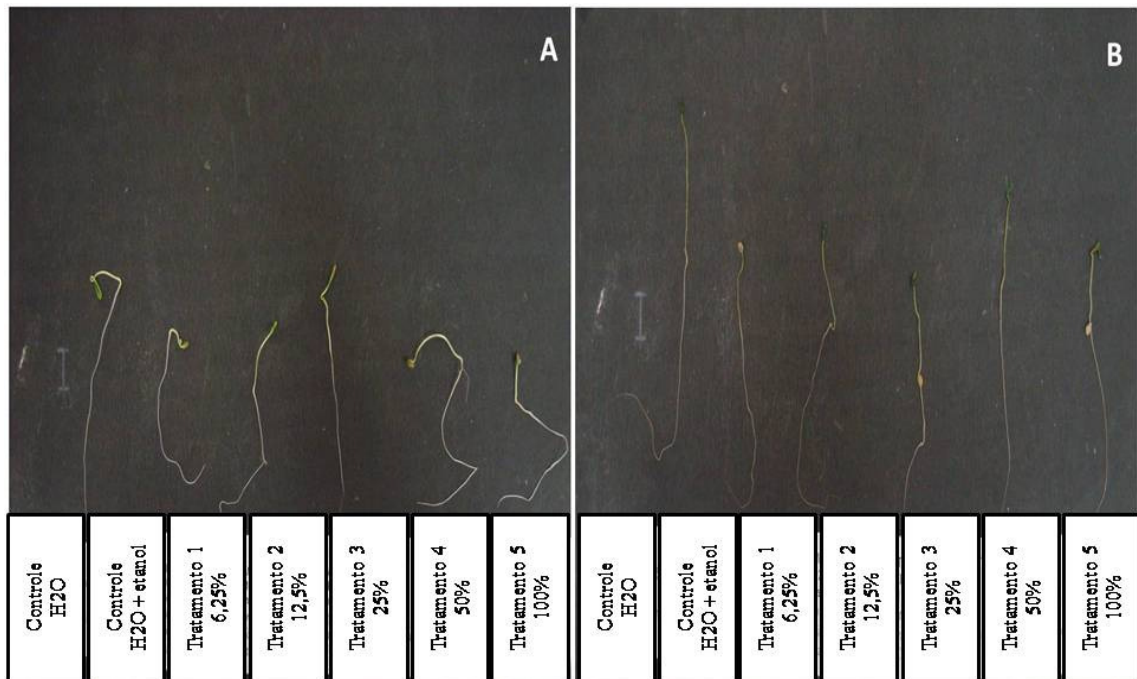


Figura 20. Morfologia das plântulas de *Lycopersicon esculentum* Mill (tomate), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum vaccineifolium* Mart (catuaba). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

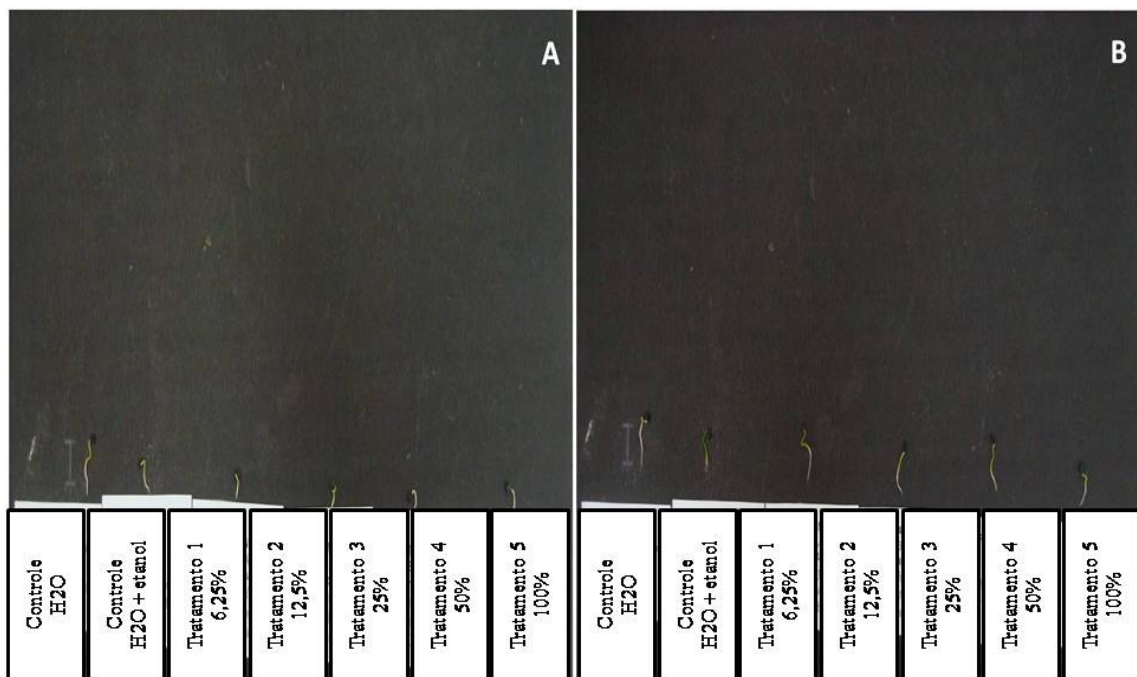


Figura 21. Morfologia das plântulas de *Allium cepa* L. (cebola), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum vaccineifolium* Mart (catuaba). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

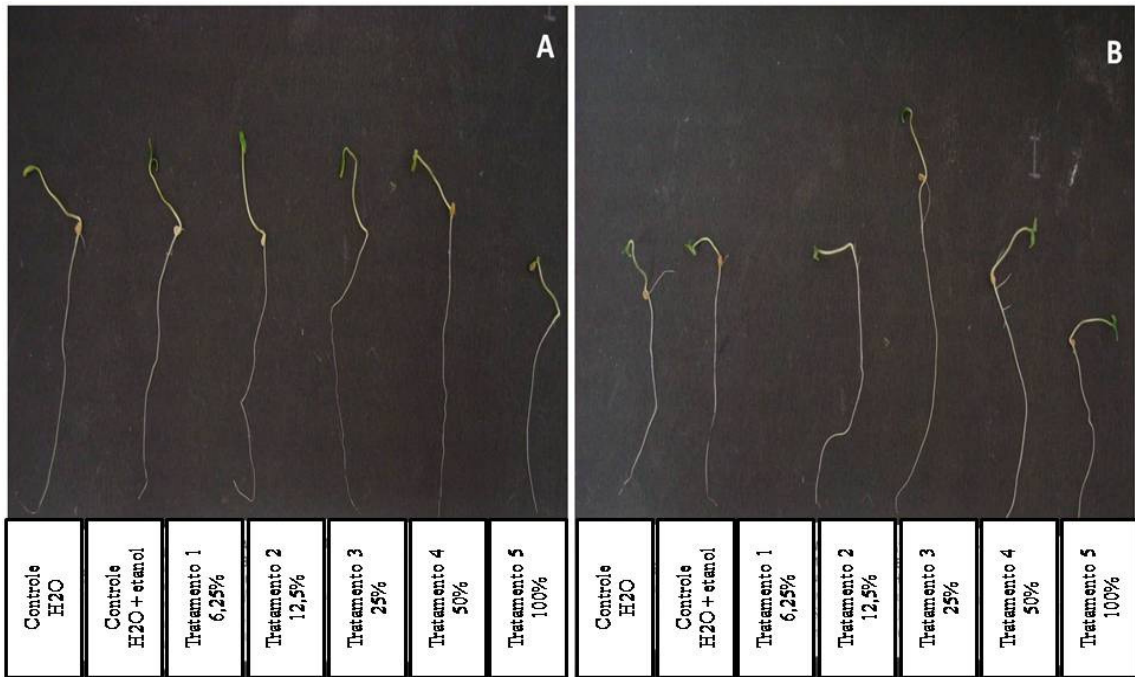


Figura 22 Morfologia das plântulas de *Lycopersicon esculentum* Mill (tomate), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum barbatum* O.E. Schulz (cururu). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

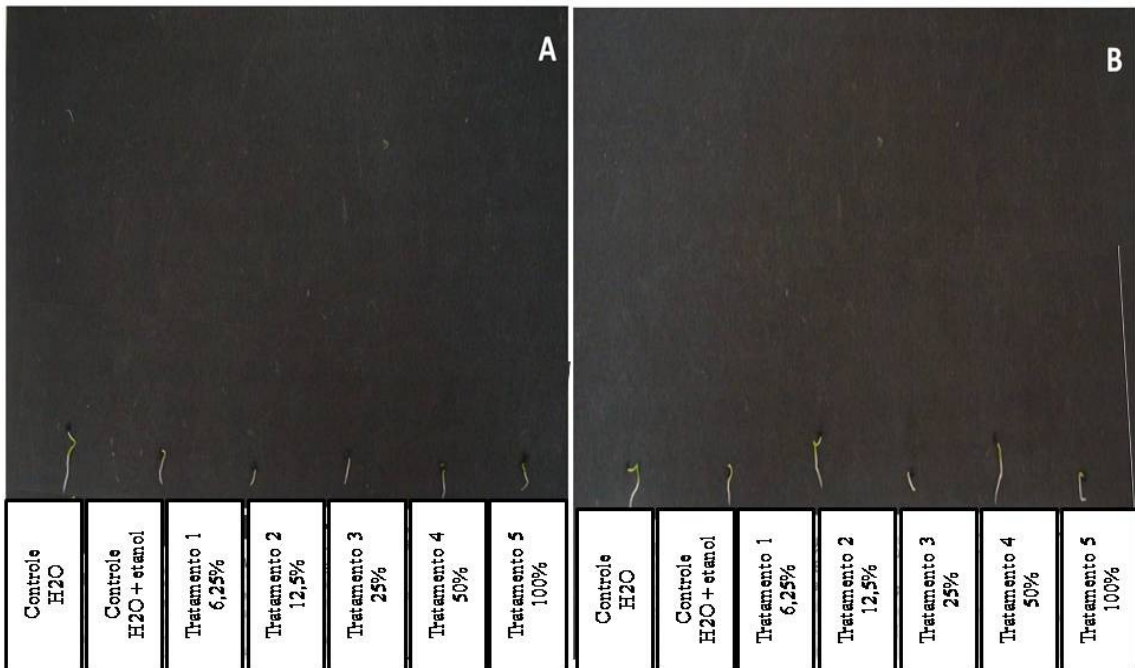


Figura 23 Morfologia das plântulas de *Allium cepa* L. (cebola), submetidas ao extrato etanólico de folhas frescas de *Erythroxylum barbatum* O.E. Schulz (cururu). (A) pH inicial e (B) pH ajustado.

Tabela 4. Efeito de extratos etanólicos bruto de folhas frescas de espécies do gênero *Erythroxylum* em sementes e plântulas de *Lycopersicon esculentum* Mill.

	Bioensaio (%)	<i>Erythroxylum rosuliferum</i>	<i>Erythroxylum stipulosum</i>	<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart)	<i>Erythroxylum vacciniifolium</i>	<i>Erythroxylum barbatum</i>	
Germinação	pH _i	0	15 a	18 a	16,4 a	16,2 a	17 a
		6,25	17 a	16,8 a	15,6 a	16,2 a	17,6 a
		12,5	15,4 a	17,2 a	17,4 a	17,4 a	18,4 a
		25	15,8 a	16,8 a	17,6 a	16,8 a	16,8 a
		50	14,6 a	16,4 a	17,4 a	17,2 a	17 a
	100	17,4 a	18,6 a	18 a	15,8 a	16,4 a	
	pH _f	6,25	15,2 a	16,8 a	16,6 a	18 a	16,4 a
		12,5	16,4 a	17,2 a	17,4 a	15,6 a	17,2 a
		25	17,4 a	15,2 b	16,4 a	15,8 a	16,2 a
		50	17,2 a	15,2 b	16 a	15,4 a	17,2 a
100		16,2 a	17,4 a	16,8 a	15,8 a	15,6 a	
IVG	pH _i	0	0,320 a	0,316 a	0,303 a	0,314 ab	0,396 a
		6,25	0,312 abc	0,309 a	0,299 a	0,309 ab	0,396 a
		12,5	0,294 d	0,309 a	0,301 a	0,314 ab	0,395 a
		25	0,299 cd	0,312 a	0,299 a	0,316 a	0,393 a
		50	0,304 bcd	0,318 a	0,295 a	0,303 ab	0,395 a
	100	0,311abc	0,305 a	0,298 a	0,305 ab	0,392 a	
	pH _f	6,25	0,317 ab	0,315 a	0,303 a	0,318 a	0,305 b
		12,5	0,319 ab	0,310 a	0,301 a	0,312 ab	0,293 b
		25	0,320 a	0,312 a	0,300 a	0,311 ab	0,305 b
		50	0,319 ab	0,317 a	0,298 a	0,313 ab	0,301 b
100		0,312 abc	0,305 a	0,295 a	0,299 b	0,305 b	
Caulículo	pH _i	0	2,68 ab	2,50 abc	2,64 a	2,63	2,08 b
		6,25	2,64 ab	2,58 abc	2,59 a	2,01 a	2,08 b
		12,5	2,60 ab	2,60 abc	2,81 a	2,42 ab	2,12 b
		25	2,70 ab	2,38 bc	2,69 a	2,51 ab	2,27 ab
		50	3,00 a	2,38 bc	2,62 a	2,37 ab	2,37 ab
	100	2,46 ab	2,55c	2,56 a	2,04 ab	2,25 ab	
	pH _f	6,25	3,21 a	3,06 a	2,63 a	2,36 ab	2,35 ab
		12,5	3,06 a	2,62 abc	3,05 a	2,66 a	2,70 a
		25	3,14 a	2,88 ab	3,06 a	2,89 a	2,68 a
		50	2,57 ab	2,46 abc	2,73 a	2,38 ab	2,70 a
100		2,05 b	2,04 c	2,72 a	1,70 b	2,53 ab	
Radícula	pH _i	0	7,14 ab	6,86 ab	6,91 a	7,56 a	6,47 a
		6,25	7,93 a	6,57 ab	6,60 a	6,51 a	6,10 a
		12,5	7,29 ab	6,76 ab	6,75 a	7,59 a	6,20 a
		25	6,68 ab	6,44 ab	7,70 a	7,18 a	5,80 a
		50	6,99 ab	6,93 ab	6,80 a	7,28 a	7,02 a
	100	6,24 b	6,01 ab	6,02 a	5,92 a	5,78 a	
	pH _f	6,25	7,25 ab	5,54 b	2,63 b	7,96 a	6,66 a
		12,5	7,18 ab	6,40 ab	3,05 b	7,00 a	7,02 a
		25	8,22 a	6,94 ab	7,13 a	6,90 a	7,22 a
		50	7,59 ab	7,33 ab	7,03 a	7,32 a	6,78 a
100		7,26 ab	8,07 a	6,19 a	6,18 a	6,04 a	

Médias seguidas pelas mesmas letras em cada bioensaio não diferem entre si estatisticamente ($p < .05$).
 pH_i: pH inicial, pH_f: pH final. IVG: índice de velocidade de germinação.

Tabela 5. Efeito de extratos etanólicos bruto de folhas frescas de espécies do gênero *Erythroxylum* em sementes e plântulas de *Allium. cepa* L.

Bioensaio (%)		<i>Erythroxylum rosuliferum</i>	<i>Erythroxylum stipulosum</i>	<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart)	<i>Erythroxylum vacciniifolium</i>	<i>Erythroxylum barbatum</i>	
Germinação	pH _i	0	8,6 a	7,6 a	6,4 a	8 a	8,2 a
		6,25	9 a	9,6 a	5,6 a	7,8 a	8,8 a
		12,5	7,8 a	9,2 a	9 a	9,2 a	8,8 a
		25	8,8 a	8,4 a	9,8 a	9,2 a	8,8 a
		50	8,4 a	8 a	8,4 a	8 a	9,8 a
	100	7,8 a	6,8 a	9,2 a	8,8 a	9,2 a	
	pH _f	6,25	6,8 a	7,8 a	7,2 a	8,4 a	9,6 a
		12,5	8,4 a	8 a	7,2 a	7,4 a	9,4 a
		25	7,2 a	7,8 a	6,4 a	6,4 b	9,2 a
		50	5,8 a	5,8 a	7,2 a	4,6 b	8,2 a
100		6 a	7,6 a	8 a	5,8 b	7,8 a	
IVG	pH _i	0	0,371 a	0,339 a	0,352 a	0,311 a	0,339 a
		6,25	0,356 a	0,316 b	0,358 a	0,322 a	0,348 a
		12,5	0,366 a	0,337 a	0,352 a	0,316 a	0,362 a
		25	0,306 a	0,319 b	0,361 a	0,316 a	0,340 a
		50	0,345 a	0,342 a	0,354 a	0,363 b	0,346 a
	100	0,342 a	0,344 a	0,350 a	0,323 a	0,371 a	
	pH _f	6,25	0,325 a	0,316 b	0,332 a	0,347 a	0,338 a
		12,5	0,335 a	0,337 a	0,361 a	0,363 b	0,316 a
		25	0,306 a	0,319 b	0,355 a	0,368 b	0,317 a
		50	0,345 a	0,342 a	0,346 a	0,383 b	0,318 a
100		0,341 a	0,343 a	0,344 a	0,320 a	0,358 a	
Caulículo	pH _i	0	0,42 a	0,22 a	0,20 a	0,50 a	0,33 a
		6,25	0,37 a	0,52 a	0,41 a	0,26 a	0,36 a
		12,5	0,36 a	0,40 a	0,39 a	0,55 a	0,19 a
		25	0,36 a	0,52 a	0,34 a	0,58 a	0,30 a
		50	0,51 a	0,35 a	0,39 a	0,38 a	0,48 a
	100	0,40 a	0,35 a	0,36 a	0,71 a	0,40 a	
	pH _f	6,25	0,54 a	0,55 a	0,18 a	0,55 a	0,55 a
		12,5	0,68 a	0,53 a	0,48 a	0,54 a	0,45 a
		25	0,42 a	0,62 a	0,30 a	0,38 a	0,41 a
		50	0,34 a	0,39 a	0,40 a	0,49 a	0,46 a
100		0,50 a	0,44 a	0,84 a	0,34 a	0,53 a	
Radícula	pH _i	0	0,60 a	0,42 a	0,42 a	0,72 a	0,57 a
		6,25	0,64 a	0,73 b	0,60 a	0,49 b	0,56 a
		12,5	0,57 a	0,70 b	0,55 a	0,68 a	0,55 a
		25	0,61 a	0,60 a	0,50 a	0,72 a	0,64 a
		50	0,69 a	0,51 a	0,56 a	0,63 a	0,70 a
	100	0,61 a	0,44 a	0,50 a	0,63 a	0,60 a	
	pH _f	6,25	0,65 a	0,69 b	0,45 a	0,60 a	0,61 a
		12,5	0,75 a	0,49 a	0,50 a	0,44 b	0,69 a
		25	0,56 a	0,66 a	0,42 a	0,44 b	0,55 a
		50	0,52 a	0,48 a	0,60 a	0,53 b	0,58 a
100		0,48 a	0,48 a	0,68 a	0,42 b	0,52 a	

Médias seguidas pelas mesmas letras em cada bioensaio não diferem entre si estatisticamente ($p < .05$).

pH_i: pH inicial, pH_f: pH final. IVG: índice de velocidade de germinação.

ANEXOS