

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA FLORESTAL**

**INTERFERÊNCIA ALELOPÁTICA DE EXTRATOS DE
Hovenia dulcis Thunb. NA GERMINAÇÃO E
CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE
Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan**

TESE DE DOUTORADO

Dane Block Araldi

Santa Maria, RS, Brasil.

2011

**INTERFERÊNCIA ALELOPÁTICA DE EXTRATOS DE
Hovenia dulcis Thunb. NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO
INICIAL DE PLÂNTULAS DE *Parapiptadenia rigida*
(Benth.) Brenan**

Dane Block Araldi

Tese apresentada ao Curso de Engenharia Florestal do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Ervandil Corrêa Costa

**Coorientadores: Prof. Dr. Solon Jonas Longhi
Prof. Dra. Maristela Machado Araujo**

Santa Maria, RS, Brasil.

2011

A659i Araldi, Dane Block

Interferência alelopática de extratos de *Hovenia dulcis* Thunb. na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan / por Dane Block Araldi. – 2011.

208 p. ; il. ; 30 cm

Orientador: Ervandil Corrêa Costa

Coorientador: Solon Jonas Longhi

Coorientador: Maristela Machado Araújo

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2011

1. Alelopatia 2. Aleloquímicos 3. Extrativos vegetais 4. Uva-do-japão
5. Angico-vermelho I. Costa, Ervandil Corrêa II. Longhi, Solon Jonas III. Araújo, Maristela Machado IV. Título.

CDU 630.2

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109
Biblioteca Central UFSM

©2011

Todos os direitos autorais reservados a Dane Block Araldi. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**INTERFERÊNCIA ALELOPÁTICA DE EXTRATOS DE *Hovenia
dulcis* Thunb. NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE
PLÂNTULAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan**

elaborada por

Dane Block Araldi


como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:


Ervandil Corrêa Costa, Dr.
(UFSM - Presidente/Orientador)


Acácio Geraldo de Carvalho, Dr. - UFRRJ


Leonardo da Silva Oliveira, Dr. - UFPel


Paulo Augusto Manfron, Dr. - UFSM


Darci Alberto Gatto, Dr. - UFPel

Santa Maria, 04 de agosto de 2011.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Santa Maria

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria.

À CAPES pela concessão da bolsa durante o curso de pós-graduação.

Ao Professor Ervandil Correa da Costa pela sábia orientação, competência, dedicação, amizade e companheirismo durante o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado Costinha.

Aos co-orientadores professores Solon Jonas Longhi e Maristela Machado Araújo.

À professora Berta Maria Heinzmann pela ajuda nos extrativos vegetais, pela compreensão, companhia e paciência nas horas “quentes” desse trabalho.

Aos demais professores do curso de pós-graduação do PPGEF em especial ao professor Paulo Renato Schneider e do curso do PPGA.

Aos componentes da banca de qualificação e defesa, pelas valiosas sugestões e recomendações.

Ao Engenheiro Florestal Danilo Boanerges Sousa, pelo tempo em que trabalhamos juntos nos piores momentos da pesquisa pela iniciação e presença marcante na finalização desse estudo.

Muito especial à laboratorista farmacêutica, Maria Neves Deconto Weber pelo auxílio de equipamentos e materiais durante a realização dos trabalhos de laboratório.

Ao Técnico Agrícola Jorge França pela receptividade, disposição e alegres momentos de descontração.

Ao funcionário do Laboratório Fernando Saccol Gnocato que não se furtou em resolver problemas técnicos no decorrer desse estudo.

Aos amigos e colegas do PPGEF, Marcos, Diego, Rafael e Marciele pela amizade durante todo o programa.

Aos colegas do Laboratório de Entomologia; Leonardo, Dayanna e Andrea, pelo auxílio durante a realização dos trabalhos.

Com saudade ao colega amigo Augusto Murari.

Aos funcionários do PPGEF, em especial à secretária Cerlene (Tita), pela paciência e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Defesa Fito-Sanitária com carinho à secretária Angelita (Gel) e Marizete (Mari) pela amizade.

Aos colegas do laboratório de Entomologia Florestal, laboratório de Fitoquímica, Laboratório de Extrativos Vegetais, laboratório de Ecologia Florestal, laboratório de Fitopatologia e laboratório de Silvicultura pelos seus auxílios quando precisei.

Ao Engenheiro Florestal Roberto Trevisan coordenador da Fundação Estadual de Pesquisa Agro-Pecuária de Santa Maria, RS (FEPAGRO/Floresta).

À todos que de alguma forma contribuíram para que pesquisa fosse possível.

Finalmente, mas não menos importantes são os agradecimentos à minha família pelo apoio e dedicação à minha esposa Giselda Maria, aos meus filhos, Daniele, Evangelus, Pietro, e Idemor José.

A Deus pela vida e por tudo que nela existe.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

INTERFERÊNCIA ALELOPÁTICA DE EXTRATOS DE *Hovenia dulcis* Thunb. NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan

AUTOR: DANE BLOCK ARALDI

ORIENTADOR: ERVANDIL CORRÊA COSTA

Data e Local de Defesa: Santa Maria, 04 de agosto de 2011

Este trabalho apresenta um ensaio da influência de extratos etanólicos das folhas, cascas, raízes, pseudofrutos e sementes de plantas jovens e adultas de *Hovenia dulcis* Thunb. obtidos pelos métodos de maceração e percolação sobre a germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, em testes com quatro concentrações, 25%, 50%, 75% e 100% mais a testemunha (0%). O material morfológico de *Hovenia dulcis* foi obtido de povoamento homogêneo de 2,8 ha, implantado em espaçamentos de 5 x 5 m, na Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO Floresta, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. As concentrações consideradas como 100% do extrato bruto foram preparadas na proporção de 0,1 g de extrato seco por mL de etanol p.a. 95%. A partir da concentração mais concentrada do extrato bruto (concentração de 100%) foram obtidas as concentrações de 25%, 50% e 75%. Para o bioteste de germinação, os substratos com as sementes de *Parapiptadenia rigida* foram umedecidos com 0,302 ml/célula com os extratos nas diferentes concentrações, mais a testemunha (0%) com água destilada também com 0,303 mL/célula. O experimento foi conduzido em quatro repetições de 24 sementes (por célula) de *Parapiptadenia rigida* distribuídas em recipientes transparentes com substratos de papel mata-borrão recortados em discos. Os recipientes foram mantidos em câmara climatizada tipo BOD, com fotoperíodo constante de 12 h, com isotermal em 25° ±2°C e irradiância de 45 µmol.m.s⁻¹ por cinco dias. Para os bioensaios de crescimento inicial foram feitas quatro repetições de 10 sementes (uma por célula). Após a germinação, as plântulas foram transplantadas para recipientes com células espaçadas em substratos de vermiculita (60%) mais Plant-Max® (40%), umedecidos com 3 ml/célula de todas as concentrações dos extratos, mantidas em câmara climatizadas tipo BOD nas mesmas condições descritas para germinação das sementes, por 14 dias. Os extratos obtidos de folhas adultas de *Hovenia dulcis* tanto pelos métodos de maceração e percolação na concentração de 100% foram os extrativos que mais afetaram a percentagem de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida*, resultando em plântulas anormais, embora tenha sido observada redução da percentagem de germinação a partir da concentração de 50%. Na concentração de 25% ocorreu efeito de hormese tanto no hipocótilo como na radícula das plântulas. Para os bioensaios de crescimento inicial das plântulas, os extratos da raiz adulta, obtidos pelos dois métodos de extração, foram os que mais influenciaram no desenvolvimento da radícula, do hipocótilo e da massa seca das plântulas de *Parapiptadenia rigida*, iniciando anormalidades e morte das plântulas a partir da concentração de 50%. De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que a espécie *Hovenia dulcis* causa efeito alelopático de extratos na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida*.

Palavras-chave: Alelopatia. Uva-do-japão. Aleloquímicos. Metabólitos secundários. Extrativos vegetais.

ABSTRACT

**Doctoral Thesis
Doctors degree Forestry Program
Federal University of Santa Maria, RS, Brasil**

ALLELOPATHIC INTERFERENCE OF EXTRACTS OF *Hovenia dulcis* Thunb. IN GERMINATION AND EARLY GROWTH OF SEEDLINGS OF *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan

**AUTHOR: DANE BLOCK ARALDI
ADVISOR: ERVANDIL CORRÊA COSTA
Santa Maria, August 4, 2011**

This paper presents a test of the influence of ethanol extracts of the leaves, bark, roots, and seeds of plants pseudofruits young and adult *Hovenia dulcis* Thunb. obtained by maceration and percolation methods on seed germination and early growth of seedlings of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, in tests with four concentrations, 25%, 50%, 75% and 100% over the control (0%). The material morphological *Hovenia dulcis* was obtained from homogeneous population of 2.8 ha, established in spacing of 5 x 5 m in the State Foundation for Agricultural Research - FEPAGRO Forest, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. The concentrations considered 100% of the crude extract were prepared at 0.1 g of dry extract per mL of ethanol 95% pa. From the concentration of the more concentrated extracts (100% concentration) were obtained concentrations of 25%, 50% and 75%. For germination biotest, the substrates with *P. rigida* seeds were moistened with 0.302 ml / cell extracts at different concentrations, plus the control (0%) with distilled water also with 0.303 mL / cell. The experiment was conducted in four replications of 24 seeds (per cell) *P. rigida* distributed in containers with transparent substrates blotting paper cut into discs. The containers were kept in a climatic chamber BOD, with constant 12 h photoperiod, with ± 2 ° C isothermal in the 25th and irradiance of 45 $\mu\text{mol}\cdot\text{ms}^{-1}$ for five days. For the initial growth bioassays were performed four repetitions of 10 seeds (one per cell). After germination, seedlings were transplanted to containers with cells spaced substratos vermiculite (60%) plus Plant-Max ® (40%), moistened with 3 ml / cell of all concentrations of the extracts were kept in air-conditioned camera BOD under the same conditions described for seed germination for 14 days. The extracts obtained from mature leaves of *Hovenia dulcis* by both methods of maceration and percolation in 100% concentration of the extracts that were most affected the percentage of germination of *P. rigida*, resulting in abnormal seedlings, although a decrease in percentage of germination from 50% concentration. At a concentration of 25% occurred in both the hormesis effect on radicle and hypocotyl of the seedlings. Bioassays for the initial growth of seedlings, mature root extracts, obtained by the two extraction methods were the most influenced the development of the radicle, hypocotyl and seedling dry weight of *P. rigida*, starting abnormalities and death of seedlings from the concentration of 50%. According to the results obtained it can be concluded that the species *Hovenia dulcis* cause allelopathic effects of extracts on germination and early growth of seedlings of *Parapiptadenia rigida*.

Keywords: Allelopathy. Grape-of-japan. Allelochemicals. Secondary Metabolites. Plant extracts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área de coleta de material morfológico de <i>Hovenia dulcis</i> . FEPAGRO-Floresta Santa Maria, RS	81
Figura 2 -	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.: (A) Exemplar adulto; (B) Inflorescências; (C) Pseudofrutos; (D) Sementes: Casca/tronaco (E)	83
Figura 3 -	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan: (A) Exemplar adulto; (B) Flores e inflorescências; (C) Folhas e frutos; (D) Sementes.....	84
Figura 4 -	Evaporador rotatório.....	86
Figura 5 -	Moinho tipo Willey	86
Figura 6 -	Ultrasom.....	87
Figura 7 -	Soxhlet de cartucho.....	87
Figura 8 -	Substratos em disco com 21mm	87
Figura 9 -	Recipiente com 12 células	87
Figura 10 -	Recipiente com 24 células	87
Figura 11 -	Valores de pH das diluições dos diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> utilizados para avaliação do potencial alelopático.Santa Maria, RS, 2011	102
Figura 12 -	Massa vegetal e dos respectivos extratos etanólicos obtidos a partir dos diferentes órgãos vegetativos de <i>Hovenia dulcis</i> pelo método maceração. Santa Maria, RS, 2011.	104
Figura 13 -	Massa vegetal e dos respectivos extratos etanólicos obtidos a partir dos diferentes órgãos vegetativos de <i>Hovenia dulcis</i> pelo método percolação à quente. Santa Maria, RS, 2011.....	105
Figura 14 -	Germinação das sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação do extrato obtido por maceração das folhas adultas de <i>Hovenia dulcis</i> , nas concentrações de 0% (controle), 25, 50, 75 e 100%. Santa Maria, RS, 2011.....	107
Figura 15 -	Figura 15 – Sementes anormais de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação do extrato obtido por maceração das folhas adultas de <i>Hovenia dulcis</i> na concentração de 100%. Santa Maria, RS, 2011.	107
Figura 16 -	Valores médios de germinação de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> obtidos pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011	112
Figura 17 -	Germinação de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> obtidos pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.....	113

Figura 18 -	Valores médios do índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> obtidos pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.....	117
Figura 19 -	Valores médios do índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> obtidos pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.....	118
Figura 20 -	Valores médios do desenvolvimento do hipocótilo de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> obtidos pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.....	125
Figura 21 -	Valores médios do desenvolvimento do hipocótilo de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> obtidos pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.....	125
Figura 22 -	Valores médios do comprimento das radículas das plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.....	128
Figura 23 -	Valores médios do comprimento das radículas das plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.....	130
Figura 24 -	Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com extrato obtido por percolação do pseudofruto de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 0% (controle), 25%, 50%, 75% e 100%. Santa Maria, RS, 2011.....	132
Figura 25 -	Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com extrato obtido por percolação das raízes jovens de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 0% (controle), 25%, 50%, 75% e 100%. Santa Maria, RS, 2011.....	133
Figura 26 -	Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com extrato obtido por maceração das raízes jovens de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 0% (controle), 25%, 50%, 75% e 100%. Santa Maria, RS, 2011.....	133
Figura 27 -	Valores médios do comprimento das raízes de <i>Parapiptadenia rigida</i> após as sementes serem submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> obtidos pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.....	138
Figura 28 -	Valores médios do comprimento das raízes de <i>Parapiptadenia rigida</i> após as sementes serem submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> obtidos pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.....	139

Figura 29 - Valores médios do comprimento do hipocótilo de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011	142
Figura 30 - Valores médios do comprimento do hipocótilo de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011	143
Figura 31 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de folhas adultas de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.....	147
Figura 32 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de cascas jovens de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011	147
Figura 33 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de cascas adultas de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011	147
Figura 34 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de raízes jovens de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.....	147
Figura 35 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de raízes adultas de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011	148
Figura 36 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de pseudofrutos de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.....	148
Figura 37 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de sementes de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.....	148
Figura 38 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de folhas jovens de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.....	148
Figura 39 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de folhas adultas de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.....	149

Figura 40 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de cascas jovens de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011	149
Figura 41 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de cascas adultas de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011	149
Figura 42 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de raízes jovens de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011	149
Figura 43 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de raízes adultas de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.....	150
Figura 44 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de pseudofrutos de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011	150
Figura 45 - Crescimento inicial de plântulas de <i>Parapiptadenia rigida</i> cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de sementes de <i>Hovenia dulcis</i> nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011	150
Figura 46 - Valores médios da massa seca da raiz (mg) de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, 2011.....	152
Figura 47 - Valores médios da massa seca da raiz (mg) de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS< 2011	153
Figura 48 – Valores médios da massa seca do hipocótilo de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.....	158
Figura 49 – Valores médios da massa seca do hipocótilo de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011	159

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Solventes comumente utilizados em métodos de extração em plantas e grupos metabólitos	70
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Valores de pH das diluições dos diferentes extratos de <i>Hovenia dulcis</i> utilizados para avaliação do potencial alelopático. Santa Maria, RS, 2011	101
Tabela 2 -	Rendimento dos extratos etanólicos obtidos a partir dos diferentes órgãos vegetativos de <i>Hovenia dulcis</i> pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011	104
Tabela 3 -	Rendimento dos extratos etanólicos obtidos a partir dos diferentes órgãos vegetativos de <i>Hovenia dulcis</i> pelo método de percolação a quente. Santa Maria, RS, 2011	105
Tabela 4 -	Caracteres morfológicos da <i>Hovenia dulcis</i> cujos extratos não influenciaram na germinação das sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> . Santa Maria, RS, 2011	107
Tabela 5 -	Siglas dos caracteres morfológicos pelo Método de Maceração	108
Tabela 6 -	Siglas dos caracteres morfológicos pelo Método de percolação.....	108
Tabela 7 -	Valores médios de germinação (%) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011	109
Tabela 8 -	Valores médios de germinação (%) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.	110
Tabela 9 -	Valores médios de germinação (%) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011	111
Tabela 10 -	Valores médios de germinação (%) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.....	111
Tabela 11 -	Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011	114

Tabela 12 – Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.....	115
Tabela 13 – Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011	116
Tabela 14 – Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.....	116
Tabela 15 – Caracteres morfológicos de <i>Hovenia dulcis</i> cujos extratos não influenciaram no desenvolvimento do hipocótilo das sementes de <i>Parapiptadenea rigida</i> . Santa Maria, RS, 2011	121
Tabela 16 – Valores médios do hipocótilo (mm) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.....	122
Tabela 17 – Valores médios do hipocótilo (mm) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011	123
Tabela 18 – Valores médios do hipocótilo (mm) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria,RS, 2011.....	123
Tabela 19 – Valores médios do hipocótilo (mm) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011	124
Tabela 20 – Valores médios de radícula (mm) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.....	126

Tabela 21 – Valores médios da radícula (mm) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011	127
Tabela 22 – Valores médios da radícula (mm) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011	128
Tabela 23 – Valores médios de radícula (mm) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha jovem e adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011	129
Tabela 24 – Caracteres morfológicos de <i>Hovenia dulcis</i> cujos extratos proporcionaram médias do comprimento da radícula das sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> semelhantes ao grupo controle. Santa Maria, RS, 2011	130
Tabela 25 – Caracteres morfológicos de <i>Hovenia dulcis</i> cujos extratos proporcionaram valores médios do comprimento da radícula das sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> menores do que o grupo controle. Santa Maria, RS, 2011.	131
Tabela 26 – Caracteres morfológicos de <i>Hovenia dulcis</i> cujos extratos proporcionaram valores médios do comprimento da radícula das sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> maiores do que o grupo controle. Santa Maria, RS, 2011	132
Tabela 27 – Combinações dos extratos de <i>Hovenia dulcis</i> que proporcionaram valores médios do comprimento da radícula das sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> igual a zero. Santa Maria, RS, 2011	135
Tabela 28 – Valores médios do comprimento das raízes (mm) de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.....	136
Tabela 29 – Valores médios do comprimento das raízes (mm) de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011	136
Tabela 30 – Valores médios do comprimento das raízes (mm) de <i>Parapiptadenia rigida</i> submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de <i>Hovenia dulcis</i> (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.....	137

- Tabela 31 – Valores médios do comprimento das raízes (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011..... 138
- Tabela 32 – Valores médios do comprimento do hipocótilo (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011 141
- Tabela 33 – Valores médios do comprimento do hipocótilo (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011 142
- Tabela 34 – Valores médios do comprimento do hipocótilo (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011 143
- Tabela 35 – Valores médios do comprimento do hipocótilo (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011..... 144
- Tabela 36 – Extratos de *Hovenia dulcis* e respectivas concentrações que apresentaram valores médios do comprimento do hipocótilo das sementes de *Parapiptadenia rigida* igual a zero. Santa Maria, RS, 2011..... 145
- Tabela 37 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011..... 151
- Tabela 38 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011..... 152
- Tabela 39 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011 153

- Tabela 40 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011 154
- Tabela 41 - Valores médios da massa seca do hipocótilo (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011 157
- Tabela 42 – Valores médios da massa seca do hipocótilo (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (extratos da casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011 158
- Tabela 43 – Valores médios da massa seca do hipocótilo (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método percolação. Santa Maria, RS, 2011 159
- Tabela 44 – Valores médios da massa seca do hipocótilo (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011 161

LISTA E ABREVIATURAS

G%	Germinação
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
RAS	Regras para Análises de Sementes
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
BHR	Biometria do Hipocótilo e Radícula
BCI	Biometria do Crescimento Inicial
IBHR	Índice Biométrico do Hipocótilo e Radícula
MS	Massa Seca
BOD	Biochemical Oxygen Demand
(CH ₃ CH ₂ OH)	Etanol
oC	Graus Celsius
cm	Centímetro
EBE	Extrato Bruto Etanólico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária
g	Gramas
h	Hora
mg	Miligrama
min.	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
p	Página
pH	Potencial de Hidrogênio
ppm	Parte por milhão
p/v	Peso por volume
rpm	Rotações por minuto
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
v	Volume
v/v	Volume por volume
®	Marca registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivo geral	23
1.2 Objetivos específicos	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 Plantas exóticas invasoras e contaminantes biológicos	25
2.2 Interferência dos extratos vegetais alelopático dos metabólitos secundários	27
2.2.1 Extratos vegetais alelopático	27
2.2.2 Aleloquímicos dos extratos vegetais	30
2.2.2.1 Mecanismo de ação dos aleloquímicos	34
2.3 Interferência, competição e alelopatia de extratos vegetais	35
2.4 Alelopatia em ecossistemas florestais	36
2.4.1 Produção de aleloquímicos sob estresse	37
2.4.2 Sucessão em comunidades de espécies	38
2.4.2.1 Fatores do solo	39
2.4.2.2 Fatores de locais específicos	40
2.4.2.3 Fatores relacionados à espécie	40
2.4.2.4 Fatores ecológicos	40
2.5 Efeitos dos extratos alelopáticos	41
2.5.1 Efeitos em nível de espécie	41
2.5.2 Efeitos em nível de ecossistema	42
2.5.3 Implicações silviculturais da alelopatia	43
2.6 Fitoalexinas e outras reações	44
2.7 Principais grupos de metabólitos secundários	45
2.7.1 Terpenóides	46
2.7.2 Compostos fenólicos	47
2.7.3 Compostos alcalóides	48
2.8 A alelopatia e o fenômeno da hormese	49
2.9 Qualidades das sementes em germinação e crescimento inicial de plântulas	51
2.9.1 Germinação	52
2.9.2 Crescimento inicial de plântulas	55
2.10 Condições a serem observadas nos bioensaios de alelopatia	55
2.11 Métodos de avaliação da atividade alelopática na germinação e crescimento inicial	57
2.11.1 Bioensaios de atividade alelopáticas na germinação	57
2.11.2 Bioensaios de alelopatia na germinação em laboratório	59
2.11.2.1 Potencial osmótico	61
2.11.3 Bioensaios de atividade alelopática em crescimento inicial	62
2.12 Técnicas de preparação do material vegetal visando a extração das substâncias ativas	65
2.12.1 Coleta do material vegetal	65
2.12.2 Preparação do material vegetal	66
2.12.3 Estabilização e secagem	66
2.12.4 Moagem	68
2.13 Solventes	69
2.14 Técnicas de extração de constituintes ativos em plantas	70

2.14.1 Maceração	72
2.14.2 Extração em aparelho de Soxhlet (Percolação).....	73
2.15 Características da espécie <i>Hovenia dulcis</i> Thunb. (Rhamnaceae).....	74
2.16 Características da espécie <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan (Fabaceae) 78	
3 MATERIAL E MÉTODOS	81
3.1 Local da coleta do material	81
3.2 Obtenção do material morfológico	82
3.3 Laboratórios, equipamentos e materiais usados na pesquisa	85
3.4 Bioensaios ou biotestes de alelopatia.....	88
3.4.1 Preparo dos extratos brutos etanólicos.....	88
3.4.2 Métodos de extração	89
3.4.2.1 Método de extração por maceração	89
3.4.2.2 Método de extração por percolação a quente.....	91
3.5 Bioensaio de germinação (G%)	92
3.5.1 Variáveis analisadas	92
3.5.2 Metodologia	92
3.5.3 Cálculo da germinação (G%).....	94
3.5.4 Cálculo do Índice de Velocidade de Germinação (IVG).....	94
3.5.5 Cálculo das medidas do hipocótilo e radícula	95
3.6 Bioensaio de crescimento inicial.....	95
3.6.1 Variáveis analisadas	95
3.6.2 Metodologia	95
3.6.3 Cálculo das medidas do hipocótilo e radícula	97
3.6.4 Determinação da massa seca (MS).....	98
3.7 Delineamento experimental	98
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
4.1 Solvente utilizado.....	101
4.2 Valores de pH das diluições dos extratos etanólicos utilizados nos testes.....	101
4.3 Rendimentos dos extratos etanólicos dos diferentes caracteres morfológicos obtidos pelos métodos de maceração e percolação.....	103
4.4 Avaliação da atividade alelopática no bioensaio de germinação das sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i>	106
4.4.1 Germinação das sementes (G%).....	106
4.4.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)	114
4.4.3 Desenvolvimento do hipocótilo	120
4.4.4 Desenvolvimento da radícula.....	126
4.5 Avaliação da atividade alelopática no bioensaio do crescimento inicial	134
4.5.1 Comprimento das raízes.....	134
4.5.2 Comprimento do hipocótilo	141
4.5.3 Massa seca da radícula.....	150
4.5.4 Massa seca do hipocótilo.....	157
4.6 Considerações sobre a interferência alelopatia dos extratos de <i>Hovenia dulcis</i>	162
5 CONCLUSÃO	167
6 RECOMENDAÇÕES	171
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	173
ANEXOS.....	203

1 INTRODUÇÃO

O potencial de espécies exóticas invasoras de modificar sistemas naturais é a segunda maior ameaça mundial à biodiversidade, perdendo apenas para a destruição de habitats pela exploração humana direta (VERSFELD e VAN WILGEN, 1986; BRASIL, 2009). O agravante dos processos de invasão, comparados à maioria dos problemas ambientais, é que ao invés de serem absorvidos com o tempo e terem seus impactos amenizados, agravam-se à medida que as plantas exóticas invasoras ocupam o espaço das nativas. As conseqüências principais são a perda da biodiversidade e a modificação dos ciclos e características naturais dos ecossistemas atingidos, a alteração fisionômica da paisagem natural, com conseqüências econômicas vultosas. Segundo Ziller (2000), esse processo é denominado de invasão biológica e refere-se aos danos causados por espécies que não fazem parte, naturalmente, de um dado ecossistema, mas que se naturalizam, passam a se dispersar e provocam mudanças em seu funcionamento, não permitindo sua recuperação natural.

A idéia de que uma planta pode influenciar no crescimento de outras é bem conhecida na agricultura, sendo que o primeiro registro sobre a capacidade das plantas interferirem no desenvolvimento de plantas vizinhas foi descrito por Democritus em 500 a.C. e, posteriormente por Theophrastus (300 a.C.), um discípulo de Aristóteles, que observou que plantas de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) não revigoravam o solo como outras plantas, ao contrário, o exauria e, ao mesmo tempo, destruía as plantas invasoras (RICE, 1984).

Plínio (1 d.C) reporta que a cevada (*Hordeum vulgare* L.), a ervilha (*Vicia ervilia* (L.) Willd) e a noqueira-européia (provavelmente *Juglans regia* L.), foram a causa de muitas preocupações para o homem e injúrias para as plantas e inclusive entre microorganismos. Deixou também registrada a observação que, sob a copa das plantas do gênero *Pinus*, algumas espécies de gramíneas morriam (RICE, 1984). Culpeper, em 1633, Browne, em 1658, Young, em 1804, Beobachert, em 1845, e Stickneuy e Hoy, em 1881, demonstraram que a observação desta influência não é recente, mas é atualmente a causa de muitas preocupações para o homem e injúrias para as plantas da vizinhança. De Candolle (1832) verificou que os aspectos químicos e biológicos dos solos decorrente da monocultura, durante anos seguidos,

era causado pelo acúmulo de algumas substâncias exsudadas pelas plantas, que passavam a afetar o próprio desenvolvimento (RICE, 1984).

Em 1937, o termo alelopatia foi cunhado pelo alemão Hans Molisch, que a definiu, em seu trabalho intitulado "*Der Einfluß von einer Pflanze auf ein anderes: Allelopathy*", como a influência de uma planta sobre outra: Alelopatia (significado do grego *allelon* = de um para o outro, *pathos* = prejuízo), para referir-se às interações bioquímicas entre todos os tipos de plantas, inclusive, entre microorganismos (RICE, 1984).

Em 1996, foi criada a ISA (Sociedade Internacional de Alelopatia), que a definiu como sendo 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). Muitas das substâncias químicas produzidas pelas plantas, que afetam associações de plantas, também influenciam outros organismos, oferecendo uma perspectiva mais ampla para o termo alelopatia, que inclui aspectos de defesa de plantas.

Atualmente, tem-se comprovado que as plantas produzem substâncias químicas chamadas de extratos vegetais, que apresentam propriedades alelopáticas, podendo estimular ou inibir algumas espécies de planta (especificidade). Essas substâncias são encontradas e distribuídas em concentrações variadas nos diferentes órgãos vegetais, assim como durante o seu ciclo de vida (periodicidade). Quando essas substâncias são liberadas em quantidades suficientes, elas causam efeitos alelopáticos que podem ser observados na germinação, no crescimento inicial e/ou no desenvolvimento de plantas já estabelecidas e no desenvolvimento de microorganismos (CARVALHO, 1993).

Os efeitos de extratos alelopáticos de uma planta são aceitos desde que seja demonstrado que um inibidor químico efetivo esteja sendo produzido e ocorrendo numa concentração potencialmente efetiva no solo, e que a inibição não seja um efeito de competição da planta por luz, água e nutrientes, nem por uma atividade animal (SILVA, 1978). Portanto, todas as plantas produzem metabólitos secundários, que variam em qualidade e quantidade de espécie para espécie, até mesmo na quantidade do metabólito de um local de ocorrência ou ciclo de cultivo para outro, pois muitos deles têm a sua síntese desencadeadas por eventuais vicissitudes, a

que as plantas acham-se expostas (FERREIRA ; AQUILA, 2000). A resistência ou a tolerância aos metabólitos secundários, que funcionam como aleloquímicos, é mais ou menos específica, existindo espécies mais sensíveis que outras, como; *Lactuca sativa* L. (alface) e *Lycopersicum esculentum* Mill. (tomate), por isso, mesmo muito usadas em biotestes de laboratório (RABELO et al., 2008).

Para se estudar as consequências biofísicas do manejo florestal, em nível de ecossistema, elas devem ser representadas por componentes relevantes que integram o ecossistema florestal em questão, independentemente do nível de complexidade. Entre esses componentes, o solo florestal é o primeiro a ser influenciado pelas práticas silviculturais, por ser um importante nutriente e reserva de água (BLANCO, 2009). Um desses processos é a alelopatia, definida como o efeito produzido no crescimento e no desenvolvimento de plantas-alvo causado por substâncias químicas produzidas pela planta doadora (RICE, 1984).

Historicamente, o estudo das interações alelopáticas tem se concentrado no relacionamento entre culturas e plantas daninhas (PELLISSIER ; SOUTO, 1999) e a química e o modo de ação dos aleloquímicos têm sido objeto de pesquisa (EINHELLIG, 2004). Entretanto, os estudos sobre os relacionamentos alelopáticos em solos florestais são escassos e dispersos, possivelmente devido à dificuldade na separação dos efeitos aleloquímicos dos outros efeitos, especialmente da competição nutricional (WEIDENHAMER et al., 1989; WARDLE et al., 1998).

No entanto, diversos estudos identificaram a importância da alelopatia em ecossistemas florestais. Trabalhos de Rietveld et al. (1983); Mallik (2003), relataram a morte prematura de diversas espécies e problemas como a regeneração em coníferas, causados por espécies ericáceas de sub-bosque. Esses exemplos mostram a importância das interações químicas entre as plantas e, assim, demonstram a necessidade de incluir esses relacionamentos dos ecossistemas florestais nas pesquisas.

A *Hovenia dulcis* Thunb., espécie exótica invasora, de uso múltiplo, é reconhecida como espécie ideal para sistemas agroflorestais, florestamento, reflorestamento ambiental, pois apresenta boa deposição de folhas, auxiliando o enriquecimento dos solos. Pode ser utilizada, principalmente, para madeira serrada e roliça, energia, papel e celulose, como fonte de alcalóides, alimento, uso medicinal e/ou ornamental e planta forrageira, onde, historicamente, deu contribuição especial. Ela sobrevive e adapta-se ao novo meio e é esporadicamente encontrada sob

diferentes formas de plantio no Brasil, sendo uma espécie, muito conhecida, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste e, muitas vezes, consideradas erroneamente como espécie nativa (CARVALHO, 1994).

Apesar de bem adaptada ao Sul do Brasil, a *Hovenia dulcis* é pouco conhecida nessas condições, em especial, o comportamento da ação alelopática como espécie invasora em reflorestamentos homogêneos e mistos, tanto com espécies exóticas como nativas (ZILLER, 2000).

As práticas de recuperação frequentemente usadas no sul do Brasil utilizam muitas vezes espécies exóticas com potencial adaptativo que se sobressaem entre as nativas e, quando alelopáticas, provocam mudanças nos ecossistemas e diminuem as riquezas biológicas naturais (INSTITUTO HORUS, 2006).

A avaliação do comportamento germinativo e crescimento inicial de uma espécie vegetal sob a ação de aleloquímicos utilizam como ferramenta os bioensaios ou biotestes, que servem para avaliar o potencial alelopático da espécie em estudo e acompanhar a resposta biológica (EINHELLING et al, 1985a; LEATHER ; EINHELLIG, 1986).

Neste contexto, resolveu-se investigar os efeitos de diferentes concentrações de extratos etanólicos de *Hovenia dulcis* obtidos dos tecidos de plantas jovens e adultas, tanto por maceração como por percolação de folhas, pseudofrutos, sementes, casca e raiz. Como espécie alvo foi eleita *Parapiptadenia rigida*, sendo avaliada a influência dos extratos sobre a germinação das sementes e crescimento inicial das plântulas.

Em estudos de atividade da interferência alelopática dos metabólicos secundários, procura-se determinar o efeito de uma planta doadora sobre uma planta receptora. A necessidade do desenvolvimento de uma silvicultura sustentável justifica a importância do estudo de plantas com possíveis efeitos alelopáticos.

Um dos aspectos que mais exercem influência nos resultados dos bioensaios de alelopatia é a planta receptora.

Em muitos dos trabalhos disponíveis na literatura, observa-se a utilização de uma única espécie (KATO-NOGUCHI et al., 1994; XUAN; TSUZUKI, 2002; NISHIHARA et al., 2005) e, em outros estudos, duas ou mais espécies (KONGO et al., 1999) são empregadas na avaliação dos efeitos alelopáticos. Importante considerar que a espécie alvo a ser utilizada nos testes de alelopatia deve possuir sementes de rápida germinação e alto poder germinativo.

De acordo com Ramos et al. (1995), a espécie *Parapiptadenia rigida* possui essas características e, poderá ser conduzida com vários tipos de substratos, apresentando germinação próximo de 100%.

Diante do exposto e considerando-se o desconhecimento da atividade alelopática da *Hovenia dulcis* como espécie invasora em povoamentos com espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul, foi levantada a seguinte hipótese:

“A presença dos componentes orgânicos de *Hovenia dulcis* acarreta atividades alelopáticas sobre a espécie *Parapiptadenea rigida* (Benth.) Brenan (angico vermelho).”

Para testar a hipótese, a pesquisa, que ora se apresenta, foi pautada por objetivos, geral e específicos, mencionados a seguir.

1.1 Objetivo geral

Obter informações que possam favorecer o entendimento da atuação dos compostos dos extratos etanólicos de *Hovenia dulcis* Thunb., em todos seus caracteres macromorfológicos em dois estágios de desenvolvimento, na germinação e no crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan.

1.2 Objetivos específicos

- obter o extrato etanólico de *Hovenia dulcis* (espécie doadora) dos caracteres macromorfológicos (folhas, pseudofruto, sementes, casca do tronco e exsudação das raízes) nas concentrações de 25, 50, 75, e 100% e em duas fases de desenvolvimentos (jovens e adultas);
- verificar o efeito dos extratos etanólicos, na germinação obtidos por dois métodos extrativos distintos, concentrações plantas jovens e adultas em *Parapiptadenia rigida* (espécie receptora);
- verificar o efeito dos extratos etanólicos, no índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos por dois métodos extrativos distintos, concentrações e plantas jovens e adultas em *Parapiptadenia rigida* (espécie receptora);
- determinar as medidas do hipocótilo e radícula na germinação das plântulas obtidos por dois métodos extrativos distintos, concentrações e plantas jovens e adultas na espécie receptora;

- determinar as medidas do hipocótilo e radícula no crescimento inicial das plântulas obtidos por dois métodos extrativos distintos, nas concentrações de 25, 50, e 100% em plantas jovens e adultas na espécie receptora;
- aferir a massa seca do hipocótilo e radícula no crescimento inicial em plântulas obtidos por dois métodos extrativos distintos, concentrações e plantas jovens e adultas na espécie receptora.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Plantas exóticas invasoras e contaminantes biológicos

As espécies não nativas que se adaptam aos ecossistemas e, de alguma forma, causam-lhes danos, são denominadas contaminantes biológicos (ZILLER, 2000). Para autora, diversas espécies contaminantes biológicas têm sido observadas no Brasil, como *Casuarina equisetifolia* L. (casuarina; invasora de restingas), *Hovenia dulcis* Thunb. (uva-do-japão; invasora de áreas secundárias).

Ocorre, também, a contaminação biológica por *Pinus* spp. em ecossistemas abertos (campos naturais, cerrados, restingas e florestas secundárias) de várias unidades de conservação da região Sul. Ainda há a contaminação por várias gramíneas do gênero *Brachiaria* (capim-braquiária), devido às hidrossemeaduras de taludes ao longo de rodovias, podendo invadir rapidamente Unidades de Conservação situadas ao longo destas estradas. Esse tipo de contaminação é causado por técnicas de recuperação mal planejada, uma vez que impedem o processo regenerativo natural das espécies, além de se expandirem para áreas vizinhas (ESPÍNDOLA et al., 2004).

As espécies exóticas usadas em processos de recuperação, além de impedirem a sucessão, por não estabelecerem interações interespecíficas nos ecossistemas brasileiros, tendem a ser invasoras altamente agressivas, não somente nas áreas onde são empregadas, constituindo um risco para as populações nativas, o que consiste em crime ambiental, segundo o art. 485 da Lei 9605/98.

As espécies exóticas invasoras ou contaminantes biológicos, ao ocupar e dominar ecossistemas ao redor do mundo promovem a homogeneização da flora mundial, ameaçando a biodiversidade global devido ao seu poder expansivo e degradante de ambientes naturais tem sido muito discutida no âmbito nacional e internacional, assim como a necessidade de implementação de práticas de controle, manejo e leis específicas para evitar esse tipo de contaminação, como também a produção de toxinas biológicas que impeçam o crescimento de plantas de outras espécies nas imediações, um fenômeno intitulado alelopatia (ESPÍNDOLA et al., 2004).

Entre as características de espécies exóticas invasoras estão (INSTITUTO HORUS, 2006):

- a) rápido crescimento, maturação precoce e reprodução em tempo curto;
- b) produção de grandes quantidades de sementes;
- c) produção de sementes durante mais de uma época no ano;
- d) mais de uma forma de dispersão de sementes, como anemocoria e zoocoria;
- e) tolerância a solos de baixa fertilidade, encharcados ou áridos e degradados; e
- f) capacidade de interferir no ambiente ao seu redor, pela liberação de substâncias químicas no solo ou na atmosfera (alelopatia).

Espécies exóticas invasoras não apenas sobrevivem e adaptam-se ao novo meio, mas passam a exercer processos de dominância sobre a biodiversidade nativa. Alteram características naturais e o funcionamento de processos ecológicos, gerando em quebra de resiliência de ecossistemas naturais, redução de populações de espécies nativas e perda efetiva de biodiversidade (VAN WILGEN, 1986).

De acordo com Westbrooks (1998), os contaminantes biológicos tendem a se multiplicar e a se disseminar, gradativamente, dificultando a autorregeneração dos ecossistemas e, por esse motivo, a contaminação biológica é também denominada de poluição biológica. Esse tipo de poluição agrava-se ao longo do tempo, diferentemente de poluições químicas que, geralmente, se diluem com o passar dos anos (ZILLER, 2000).

Segundo Wolff, (2000), a Convenção sobre Diversidade Biológica assinada em 1992 no Rio Janeiro, Brasil, vigorando desde 2000, definiu que é necessário impedir que se introduzam espécies exóticas, assim como controlar ou erradicar espécies já introduzidas que ameacem os ecossistemas, *habitats* ou espécies. Esta convenção salientou também que a perda de diversidade pode se por meio da extinção de espécies, do empobrecimento dos ecossistemas e da perda da variabilidade genética.

Richardson et al. (2000) observam que estas causas não estão dissociados, uma vez que os ambientes degradados são os locais preferencialmente colonizados pelas espécies invasoras, evitando que a sucessão secundária possa recriar condições ecológicas propícias para a colonização das espécies ameaçadas pela

fragmentação e, a partir dessas áreas, as espécies contaminantes podem invadir ecossistemas preservados.

2.2 Interferência dos extratos vegetais alelopático dos metabólitos secundários

2.2.1 Extratos vegetais alelopático

A interferência alelopática dos metabólicos é definida como o efeito direto ou indireto, benéfico ou maléfico, de uma planta sobre outra, por intermédio da produção de compostos químicos que são liberados no ambiente (RICE, 1984). Também é um tipo de interação bioquímica entre vegetais, considerada uma forma de adaptação química defensiva das plantas, além de ser um fator de estresse ambiental para muitas espécies (LOVETT ; RYUNTYU, 1992). No entanto, em 1996, a IAS, (*International Allelopathy Society*), ampliou a definição de alelopatia, agregando os processos que envolvem a produção de metabólitos secundários por plantas, microorganismos, vírus e fungos que influenciam no crescimento e no desenvolvimento de sistemas florestais, agrícolas e biológicos.

A alelopatia também pode ser definida como um processo pelo qual produtos do metabolismo secundário de um determinado vegetal são liberados, impedindo a germinação e o desenvolvimento de outras plantas relativamente próximas (SOARES, 2000).

Muito tempo, os metabólitos secundários foram considerados como produtos de excreção do vegetal, com estruturas químicas e, algumas vezes, propriedades biológicas desconhecidas. Atualmente, entretanto, sabe-se que muitas dessas substâncias estão diretamente envolvidas nos mecanismos que permitem a adequação do produtor a seu meio. Outra característica dos vegetais em relação ao metabolismo secundário é a elevada capacidade biossintética, tanto em relação ao número de substância produzidas quanto à sua diversidade numa mesma espécie

O acúmulo de metabólitos secundários de atividade alelopática também pode ser afetado pela interação planta-planta, a qual usualmente estimula a liberação de substâncias aleloquímicas (FRANÇA, 2007).

A ocorrência de metabólitos secundários em plantas é, pelo menos parcialmente explicável, pelo fato de que os vegetais estão enraizados no solo e não

se movem de um lugar para outro, e precisam desenvolver outros meios de proteção e defesa.

Os metabólitos secundários produzidos pelas plantas nem sempre apresentam-se ativos na forma em que se encontram. Algumas vezes estes compostos precisam ser ativados, uma vez que são armazenados como produtos atóxicos, nas próprias células ou em seus vacúolos e, posteriormente, assumem a forma ativa para serem usados, quando necessário.

Os efeitos alelopáticos são mediados por substâncias que pertencem a diferentes classes de metabólitos secundários. Os recentes avanços na química de produtos naturais, por meio de métodos modernos de extração, isolamento, purificação e identificação, têm contribuído bastante para um maior conhecimento desses compostos (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

A elucidação da estrutura química de tais compostos de defesa pode levar à síntese de novos produtos socialmente mais aceitáveis e a identificação, o sequenciamento e a clonagem de genes mais promissores podem tornar viável a transferência de resistência a cultivos agrícolas e florestais, dispensando o uso de agrotóxicos.

Entretanto, há necessidade de identificar basicamente o fenômeno alelopático ou bioativo, através de biotestes com extratos vegetais, que poderão indicar espécies de plantas mais promissoras na prospecção de genes de defesa contra estresses bióticos (MAIRESSE, 2006).

A exposição a qualquer condição de estresse (como a presença de aleloquímicos no solo) durante um longo período permitirá a evolução dos mecanismos da planta pelos quais passará a tolerar o fator de estresse (REIGOSA et al., 2002).

Sabendo-se que as comunidades naturais têm co-evoluído por séculos, Rabotnov (1974) propôs que os efeitos mais importantes dos aleloquímicos devem aparecer na competição por recursos entre espécies que não compartilhavam um ambiente comum no passado. Esta hipótese é especialmente significativa para a silvicultura, porque a alelopatia pode ser um dos fatores importantes a influenciar a introdução bem sucedida de espécies de árvores em novas regiões, destacando-se, neste sentido, que existem vários estudos que testaram o relacionamento alelopático entre espécies introduzidas e autóctones (CALLAWAY; ASCHEHOUG, 2000; MALLIK; PELLISSIER, 2000).

A possibilidade de falha deste plantio, devido à alelopatia, deve ser analisada antes de introduzir uma nova espécie em um ecossistema florestal. Ademais, este fator deve não somente ser levado em conta para o sucesso na introdução de árvores como também em invasões ou introduções de espécies exóticas de sub-bosque, que podem ser capazes de modificar toda a comunidade (BLANCO, 2009).

Convém acrescentar que Ridenour; Callaway (2001) forneceram evidências de que a alelopatia pode contar para uma substancial interferência no total de recursos entre a espécie nativa e a invasora. Assim sendo, alelopatia pode ser um fator importante a se considerar em certos ecossistemas para que seja possível entender o efeito de uma espécie vegetal individual em um processo chave num ecossistema (D'ANTONIO; CORBIN, 2003).

Os extratos alelopáticos também são reconhecidos como um mecanismo ecológico relevante em ecossistemas naturais e manejados. É um fenômeno que interfere na sucessão vegetal primária e secundária, englobando todos os estádios sucessionais (Reigosa et al., 1999); na estrutura e na composição de comunidades vegetais e na dinâmica entre diferentes formações (RIZVI et al., 1992); na dominância de certas espécies vegetais, afetando na biodiversidade local (REIGOSA et al., 1999) e na agricultura, alvo da maioria dos estudos (CHOU, 1986).

Apesar do aumento nas investigações sobre o potencial alelopático das espécies nativas, ocorrido nas últimas décadas, o conhecimento ainda é considerado escasso (FERREIRA et al., 1992), entretanto a alelopatia é tida ainda como uma nova ciência, prioritária nos países desenvolvidos (MALHEIROS; PERES, 2001).

A alelopatia pode tornar-se fator significativo de manejo florestal pelo uso de espécies que exercem controle sobre determinadas espécies indesejáveis. É possível, além disso, usar espécies florestais que são pouco alelopáticas entre si, obtendo-se resultados como plantio mais equilibrado com reflexos positivos em incremento e longevidade (BLANCO, 2009). Nesse contexto, a identificação de espécies alelopáticas e o conhecimento dos mecanismos pelos quais elas exercem seus efeitos no ambiente revestem-se de grande relevo, por propiciar um manejo mais adequado dessas espécies, com vistas a aumentar a produtividade (RESENDE et al., 2003).

2.2.2 Aleloquímicos dos extratos vegetais

As substâncias que regulam a relação entre organismos são denominadas aleloquímicos (WHITTAKER, 1971), definidas como substâncias não nutritivas, produzidas por uma espécie e que afeta o crescimento, a sanidade, a biologia e o comportamento da população de outra espécie (WHITTAKER, 1971).

Ferreira; Aquila (2000), assim como Rodrigues (2002) consideram que os aleloquímicos, são substâncias químicas vegetais que atuam nessa interação; podem ter origem no metabolismo primário, mas, em sua maioria, são provenientes do metabolismo secundário, destacando-se as saponinas, os taninos e os flavonóides, que apresentam solubilidade em água.

Os sintomas de alelopatia, além da morte de sementes, são o crescimento reduzido, o amarelecimento de folhas e, nos casos mais extremos, o secamento de galhos e a morte da planta. Olofsdotter (1998) afirma que a alelopatia é a influência direta dos produtos químicos liberados de uma planta no desenvolvimento e no crescimento de outra planta, ainda assim os mecanismos com que os aleloquímicos impactam o desenvolvimento e o crescimento, de plantas alvejadas permanecem obscuros (ALTIERI, 2002).

Partes destes vegetais exsudam no ambiente uma série de compostos químicos como fenóis, alcalóides e glicosídeos, que podem reduzir o crescimento de plantas vizinhas, determinando-lhes a maior chance de acesso à luz, à água e aos nutrientes, propiciando uma melhor adaptação evolutiva (NULTSCH, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Até o momento não é conhecido se as substâncias alelopáticas representam o produto final do metabolismo celular ou se são sintetizadas pelas plantas com funções específicas. Alguns pesquisadores defendem a primeira hipótese, pois existem maiores quantidades de agentes aleloquímicos nos vacúolos das células, onde seriam depositados para evitar a sua própria autotoxicidade (RESENDE et al., 2003). Outros, porém, consideram que a produção destes compostos é regida pelas leis da genética e que são constantemente sintetizados e degradados pelas plantas (ALMEIDA, 1985).

Para Miller (1996), a autotoxicidade e a heteroxicidade são tipos de alelopatia, sendo que a autotoxicidade ocorre quando a planta produz substâncias tóxicas que inibem a germinação das sementes e o crescimento de plantas da mesma espécie.

A heterotoxicidade ocorre quando substâncias fitotóxicas são liberadas pela lixiviação e/ou exsudação das raízes e/ou decomposição de resíduos de algum tipo de planta; estas substâncias atuam sobre a germinação das sementes e o crescimento de outra planta (WHITTAKER; FEENY, 1971).

As plantas competem por luz, água e nutrientes, revelando uma concorrência constante entre as espécies que vivem em comunidade. Essa concorrência contribui para a sobrevivência das espécies no ecossistema, sendo que algumas desenvolvem mecanismos de defesa que se baseiam na síntese de determinados metabólitos secundários, liberados no ambiente e que interferirão em alguma etapa do ciclo de vida de outra planta (SAMPIETRO, 2001).

Os efeitos dos aleloquímicos provocados pelas culturas em desenvolvimento e aqueles resultados de seus resíduos podem ser utilizados para reduzir população de plantas espontâneas, ao suprimir a germinação e a emergência dessas plantas ou afetar o seu crescimento (ALTIERI, 2002).

Diferentes grupamentos químicos (como ácidos fenólicos, cumarinas, terpenóides, flavonóides, alcalóides, taninos, quinonas complexas) podem ser os responsáveis pelos efeitos alelopáticos observados nas plantas (EINHELLIG, 1986; MEDEIROS, 1990). Portanto, os compostos fenólicos como os ácidos benzóicos e cinâmicos, as cumarinas e os flavonóides estão entre os mais comumente associados com a ação alelopática (EINHELLIG, 1986).

A presença destes compostos é reconhecida como um valioso mecanismo ecológico, que pode provocar influências significativas no manejo agrícola ou florestal; na dominação de certas espécies vegetais; na sucessão dos plantios e na rotação dos cultivos, podendo favorecer ou prejudicar o desenvolvimento de um determinado produto agrícola e, portanto, afetar a sua produtividade (CHOU, 1986; FERREIRA; AQUILA, 2000).

Muitos compostos biologicamente ativos obtidos das plantas já estão sendo usados no controle de ervas daninhas (muitas das quais apresentavam 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 sintéticos, com menores riscos ao ambiente, mantendo um melhor equilíbrio do ecossistema (RIZVI; RIZVI, 1992; CHOU, 1998).

A sobrevivência dos vegetais até os dias de hoje deve-se a diversos mecanismos de defesa originados em função dos estresses ambientais, incluindo-se

as defesas mecânicas (adaptações anatômicas e morfológicas, como pêlos, espinhos, ceras epicuticulares, etc.) e químicas, que são muito importantes na adaptação das espécies e na organização de comunidades vegetais (BLANCO, 2009).

É conveniente, neste ponto, mencionar que vários pesquisadores afirmam que a alelopatia pode ocorrer em várias partes das plantas e que os aleloquímicos podem ser encontrados em todos os órgãos da planta como raízes, rizomas, hastes, folhas, flores/inflorescência, pólen, frutos e sementes. Mas Bhatt (1994) considera que a alelopatia também pode ocorrer em extrato de casca do tronco. Autores como Smith e Martin (1994), em bioensaios, já encontraram esses compostos em folhas, colmos, rizomas, raízes, flores, frutos e em sementes de espécies de plantas superiores.

Nos estudos quimiotaxonômicos deve-se levar em conta, também, que a composição química de um vegetal varia de órgão para órgão. Portanto, é necessária a investigação da planta como um todo para inferir sobre o parentesco de determinado grupo; a análise de apenas um órgão pode levar a conclusão taxonômica errônea (LINO VON POSER; MENTZ, 2007).

De acordo com Rizvi et al. (1992) uma vez liberados no ambiente, os aleloquímicos podem exercer efeitos indiretos (alterações nas propriedades e características nutricionais do solo e, também, nas populações e/ou atividades de organismos) e diretos (alterações no crescimento e metabolismo vegetal).

As principais vias de liberação dos extratos vegetais potencialmente envolvidos na alelopatia são: decomposição; exsudação radicular; lixiviação; e volatilização (MEDEIROS, 1990; RODRIGUES et al., 1992; DURINGAN; ALMEIDA, 1993):

Lixiviação: as toxinas solúveis em água são lixiviadas das partes aéreas e das raízes ou ainda dos resíduos vegetais em decomposição (ALMEIDA, 1985). Pode-se citar, principalmente, a lixiviação dos ácidos orgânicos, açúcares, aminoácidos, substâncias pécticas, alcalóides e compostos fenólicos (SOUZA, 1988);

Volatilização: compostos aromáticos são volatilizados das folhas, flores, caules e raízes e podem ser absorvidos por outras plantas (ALMEIDA, 1985). Nesse grupo, encontram-se compostos como o gás carbônico (CO₂), a amônia (NH₃), o etileno e os terpenóides. Esses últimos atuam sobre as plantas vizinhas, por meio

dos próprios vapores ou condensadas no orvalho, ou ainda alcançam o solo e são absorvidos pelas raízes (SOUZA, 1988).

Exsudação pelas raízes: um grande número de compostos alelopáticos são liberados na rizosfera circundante e podem atuar direta ou indiretamente nas interações planta/planta e na ação de microrganismos (TUKEY JÚNIOR, 1969). Entre esses compostos, podem ser citados o ácido oxálico, a amidalina, a cumarina e o ácido *tran0073*-cinâmico (SILVA, 1978; SOUZA, 1988).

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

Mesmo depois da morte da planta, os aleloquímicos ainda se mantêm em seus tecidos, de onde são liberados e arrastados para o solo e, ao atingirem a concentração necessária, podem influenciar o desenvolvimento dos microrganismos e das plantas que nele se encontram (ALMEIDA, 1991). A produção de compostos secundários pode ser aumentada por diversos fatores ambientais como estresse hídrico, temperatura extrema, deficiências de nutrientes e de umidade, radiação, insetos, doenças e herbicidas (EINHELLIG, 1996) e a inibição alelopática também resulta da ação conjunta de um grupo de aleloquímicos que, coletivamente, interferem em vários processos fisiológicos e dependem da extensão dos estresses bióticos e abióticos associados. Essas condições de estresse, frequentemente, aumentam a produção de aleloquímicos, ampliando o potencial de interferência alelopática (EINHELLIG, 1995).

Já a influência da temperatura na ação dos aleloquímicos, por sua vez, é pouco discutida na literatura. Mas em relação ao solo, a ação dos aleloquímicos é mais pronunciada em solos arenosos do que naqueles ricos em matéria orgânica, pois a inativação e destruição das toxinas são mais lentas em solos pobres. Segundo Whittaker; Feeny (1971), com base nesses aspectos, é de se esperar maior influência alelopática em solos arenosos do que em solos ricos em microorganismo e frações coloidais (BACIK, 1999).

De acordo com Rizvi; Rizvi (1992), os aleloquímicos podem afetar estruturas citológicas e ultra-estruturais; hormônios, tanto alterando suas concentrações quanto

o balanço entre os diferentes hormônios; membranas e sua permeabilidade; absorção de minerais; movimentos dos estômatos, síntese de proteínas; atividade enzimática; relações hídricas e condução; material genético, induzindo alterações no DNA e RNA.

Há mais de 10 mil produtos químicos conhecidos como alelopáticos, pertencentes a vários grupos de substâncias. A interferência alelopática dificilmente é provocada por um único fator isolado, mas devido à união e à ação sinérgica conjunta de várias destas substâncias, somadas às condições ambientais (ALMEIDA, 1988). Entre as espécies já estudadas, estão *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (JACOBI; FERREIRA, 1991), *Baccharis trimera* (Less.) DC. (FERREIRA et al., 1992), *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. (AQÜILA et al., 1999), *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (AQÜILA, 2000), *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (PIÑA-RODRIGUES e LOPES, 2001), *Myrciaria cuspidata* O. Berg (RODRIGUES, 2002), *Caesalpinia pluviosa* DC., *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake, *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr, *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard e *Erythrina speciosa* Andrews (SOARES et al., 2002), *Trema micrantha* (L.) Blume (MARASCHIN-SILVA, 2004) e *Ateleia glazioviana* Baill. (VIEIRA et al., 2007).

2.2.2.1 Mecanismo de ação dos aleloquímicos

O efeito visível dos aleloquímicos sobre as plantas é somente uma sinalização secundária de mudanças anteriores. Assim sendo, os estudos a respeito do efeito de aleloquímicos sobre a germinação e/ou desenvolvimento das plantas são manifestações secundárias de efeitos ocorridos, inicialmente, em nível molecular e celular (SANTOS et al., 2010).

As alterações do aleloquímico podem ser pontuais, mas como o metabolismo consiste numa série de reações com vários controles do tipo *feedback*, rotas inteiras podem ser modificadas, mudando processos (FERREIRA; AQUILA, 2000). À parte dos fatores que afetam a produção de aleloquímicos e sua liberação no ambiente, outros aspectos destacados da alelopatia incluem a sua absorção, a translocação no organismo receptor, enfim, a sua efetividade como aleloquímico que, uma vez esclarecidos, trarão fundamental contribuição para a compreensão deste fenômeno.

Dos milhares de compostos naturais identificados a cada ano, obtidos de plantas, microorganismos e solo, poucos têm sido estudados para o seu uso potencial, assim como a complexidade bioquímica e de comportamento fisiológico entre espécies ainda é pouco compreendida (WALLER et al., 1999).

Apesar disso, ainda há relativamente poucas informações sobre os mecanismos através dos quais estas substâncias exercem o seu efeito. A ação dos aleloquímicos pode ser grosseiramente, dividido em ação direta e indireta. Nestas últimas, podem-se incluir alterações nas propriedades do solo, de suas condições nutricionais e das modificações de populações e/ou atividade dos microorganismos. O modo de ação direto ocorre quando o aleloquímico liga-se às membranas da planta receptora ou penetra nas células, interferindo diretamente no seu metabolismo (SANTOS et al., 2010).

A colaboração entre pesquisadores em áreas como espectrometria de massas e ressonância magnética, capazes de identificar substâncias em misturas de compostos, pode ajudar muito os pesquisadores interessados em alelopatia.

2.3 Interferência, competição e alelopatia de extratos vegetais

O termo interferência deve ser usado como o efeito de uma planta sobre a outra, incluindo alelopatia e competição (MULLER, 1969). O efeito alelopático depende da liberação pela planta de um composto químico no ambiente, enquanto que a competição envolve remoção ou redução de um fator ambiental tal como água, minerais, luz, etc. (RICE, 1974). Pela complexidade dos fenômenos alelopáticos, com múltiplas variáveis possíveis, há autores que afirmam que esta separação não seria natural (INDERJIT; DEL MORAL, 1997). Assim entendidas, competição e alelopatia poderiam operar simultaneamente ou em sequência na natureza e seria quase impossível, em alguns casos, separá-las (DAKSHINI et al., 1999).

Foi observado que, para certa quantidade de aleloquímico, o aumento da densidade de plantas diminuía o efeito alelopático, embora tenha crescido o efeito de competição, tendo em vista que cada planta dividiu, com suas companheiras, os efeitos fitotóxicos, de forma que houve atenuação deles (WEIDENHAMER et al., 1989). Este é um exemplo claro que alelopatia e competição são fenômenos distintos na natureza, embora possam estar bastante inter-relacionados.

2.4 Alelopatia em ecossistemas florestais

A presença de aleloquímicos capazes de influenciar o crescimento e o desenvolvimento de florestas parece estar espalhadas por todos os tipos de ecossistemas (BLANCO, 2009).

Existem relatos sobre a produção de aleloquímicos em diversas espécies lenhosas, das florestas de *Eucalyptus* sp., na Austrália (LOVETT, 1986), até as florestas coníferas boreais (MALLIK, 2003), nas florestas tropicais (MCKEY et al., 1978), nas florestas temperadas (WILLIAMSON et al., 1992) e nas comunidades sub-desérticas (VAN ROOYEN et al., 2004).

Coder (1999), por exemplo, forneceu uma compilação detalhada de mais de cem espécies de árvores com atividade alelopática. Apesar dessa ampla distribuição dos relacionamentos alelopáticos, o papel ecológico dos aleloquímicos é um assunto bastante discutido.

Embora se saiba que os aleloquímicos são biomoléculas produzidas pelo metabolismo secundário, existe certa controvérsia quanto ao papel destes compostos na ecologia florestal (HELDT, 1997), que caminhos evolucionários geraram a produção dos aleloquímicos (REIGOSA et al., 1999) e até mesmo se a alelopatia é um fenômeno real ou somente um artefato de laboratório (BEGON et al., 1995).

Talvez o argumento fundamental contra a representação da alelopatia em modelos de ecossistema é que os exemplos de alelopatia somente podem ser explicados em termos de competição ou da alelopatia agindo em combinação com outros mecanismos (KIMMINS, 2004). Entretanto, Einhellig (1995) argumenta que os efeitos alelopáticos não podem ser considerados como parte da competição, porque eles não dependem da remoção de recursos.

Evidências acumuladas até o momento mostram que a alelopatia pode ser um processo influente em comunidades florestais, onde as interações alelopáticas podem ser especialmente intensas (REIGOSA et al., 1999). Muitos autores argumentam que a alelopatia pode ser analisada com ceticismo (WILLIAMSON, 1990), porque inúmeros estudos laboratoriais não são similares às condições naturais, nas quais os aleloquímicos são produzidos, liberados ou afetam outros organismos.

Além disso, estudos *in situ* sobre a presença e o efeito dos aleloquímicos em

solo florestal são muito problemáticos devido às baixas concentrações, à pequena persistência e pela possibilidade de alterações químicas em razão dos microorganismos do solo (MA et al., 1997; PELLISSIER; SOUTO, 1999; INDERJIT, 2002). Outros autores argumentam que a ocorrência de comunidades de plantas demonstrou a capacidade de se adaptarem à aplicação de herbicidas; portanto, elas devem ter seguido caminhos evolucionários para tolerar a presença dos aleloquímicos (REIGOSA et al., 1999).

Finalmente, entender como o ecossistema florestal opera deve envolver o reconhecimento das interações químicas entre as espécies (KIMMINS, 2004), levando em conta todas estas condições.

Três casos em especial foram mencionados como situações em que a alelopatia deve ser analisada: estresse (CHOU, 1986), invasão (CALLAWAY, 2002) e sucessão (MALLIK, 2003).

2.4.1 Produção de aleloquímicos sob estresse

A competição ocorre quando as plantas compartilham recursos limitados. A competição interespecífica é claramente influenciada por condições geoclimáticas e as plantas podem responder adotando duas estratégias diferentes (BLANCO, 2009).

Primeiramente, podem escolher o crescimento rápido para ocupar mais espaço e, como resultado, melhorar as suas chances de obter novos recursos (GLIME, 1977), enquanto que a outra opção é sobreviver com baixos níveis de recursos (TILMAN, 1988).

Além de ativar a competição por recursos, as plantas podem usar a interferência passiva no desenvolvimento de seus competidores, liberando aleloquímicos (REIGOSA et al., 2002). Leva-se em conta, neste caso, que o estresse é qualquer condição ambiental que limite a disponibilidade de recursos (incluindo os efeitos causados por outros organismos).

Um relacionamento positivo entre a intensidade do estresse e a produção de aleloquímicos parece lógico. Chou (1989) assinalou que, sob estresse severo que exceda a capacidade adaptativa da planta, os aleloquímicos podem agir como auto-intoxicantes, reduzindo a população e deixando mais recursos para as plantas sobreviventes.

Mickey et al., (1978); Tang et al. (1995) relatam que outros metabólitos

secundários são frequentemente encontrados em plantas que crescem em habitats pobres em nutrientes, quando comparadas com as que crescem em locais ricos em nutrientes.

Mais evidências que apóiam esta hipótese foram reveladas por Koeppe et al. (1976), que descreveram uma alta produção de aleloquímicos com deficiência de fósforo. Além disso, o fato de que algumas espécies podem gerar mais exsudato de raiz sob estresse de água foi testado por Kohl (1993); Fisher et al. (1990), que relataram altas concentrações de aleloquímicos nas folhas de arbustos no Mediterrâneo durante o verão.

Por fim, outra condição de estresse, que pode estimular a produção de aleloquímicos, é a radiação ultravioleta (UV) e o dano físico ocasionado por herbívoros (BALDWIN, 1989; REIGOSA et al., 1999).

2.4.2 Sucessão em comunidades de espécies

Os relacionamentos entre espécies alóctones e autóctones, nos processos sucessórios em comunidades de plantas, podem ser influenciados pela alelopatia (BLANCO, 2009). Fenômenos como o rápido desaparecimento de espécies pioneiras (RICE, 1984), uma longa duração das fases intermediárias ou a regressão a estágios sucessórios secundários foram atribuídos à produção de aleloquímicos (MALLIK et al., 1998). Portanto, entender o papel da alelopatia na sucessão pós-distúrbios pode ser relevante para o sucesso da regeneração florestal (RIZVI et al., 1992).

A maioria dos estudos que tratam da alelopatia em florestas tem focado, há tempos, seu interesse na influência dos aleloquímicos na regeneração de espécies lenhosas após distúrbios como incêndios, tempestades de vento e corte raso (PELLISSIER; SOUTO, 1999).

Revisão feita por Mallik (2003) tratou da influência de arbustos ericáceos na regeneração de coníferas no Canadá e no norte da Europa. O autor observou que os arbustos ericáceos proliferaram durante o período de maior disponibilidade de recursos, após a remoção de árvores do dossel e, então, a produção de aleloquímico e o seu acúmulo no solo florestal aumentaram.

Esta constatação foi confirmada pela observação de que o estágio de mudas de coníferas são mais susceptível aos aleloquímicos (EINHELLIG et al., 1985) e não

são capazes de competir com os arbustos ericáceos, fato que se deve, em parte, à inibição de sua habilidade em produzir micorrizas (INDERJIT; MALLIK, 2002).

Outros estudos, por sua vez, provaram que plantas ericáceas micorrizas são capazes de utilizar os aleloquímicos de seus hospedeiros como uma fonte de carbono (SOUTO et al., 2000).

Como resultado, essas florestas evoluíram em uma comunidade de arbustos dominada por plantas ericáceas (Blanco, 2009), em que somente incêndios florestais são capazes de reduzir a presença de arbustos ericáceos e o conteúdo aleloquímico no solo das florestas para níveis que permitam a regeneração bem sucedida da árvore dossel (MALLIK, 2003).

Mudanças na mineralização e nas taxas de decomposição, como os principais fatores responsáveis por modificações nas características do húmus, após uma invasão por *Kalmia angustifolia* L., podem ser a causa de alterações na fertilidade do solo (DAMMAN, 1971 e YAMASAKI et al., 1998). Relacionamentos similares foram relatados, em Taiwan, em florestas de *Cryptomeria japonica* (Tunb. ex L. f) D. Don (CHOU, 1986) e em florestas de *Eucalyptus* sp., na Austrália (LOVETT, 1986).

2.4.2.1 Fatores do solo

Plantas que crescem em ambientes ricos em nutrientes tendem a ter menor produção de aleloquímicos do que as plantas que se desenvolvem em locais com poucos nutrientes (MCKEY et al., 1978; TANG et al., 1995).

Estresse por água, causado pela reduzida queda de chuvas ou pela salinidade, pode aumentar a produção de aleloquímicos (FISHER et al., 1990; MELKIANA, 1992; REIGOSA et al., 2002). Por outro lado, o potencial de água no solo determina a taxa de atividade dos microrganismos, o movimento aleloquímico e a lixiviação (AN et al., 2002). Além disso, a textura do solo executa um importante papel no tipo de ligações entre aleloquímicos e partículas do solo.

A toxicidade aleloquímica observada em zonas áridas com textura grosseira, por sua vez, é maior do que em solos de textura fina (DEL MORAL; MULLER, 1970; INDERJIT; DAKSHINI, 1994). Ademais, Lehman et al. (1994); Reigosa et al. (1999) assinalaram que a presença de herbicidas, pesticidas metais pesados ou outros compostos no solo influenciam fortemente a produção de aleloquímicos.

2.4.2.2 Fatores de locais específicos

A posição geográfica e o clima têm papéis importantes na alelopatia, como também diferenças na produção de aleloquímicos em razão da altitude e da latitude (ANAYA et al., 1992).

A radiação afeta as plantas matrizes, dependendo do comprimento de onda, da intensidade e do fotoperíodo (KOEPE et al., 1970a; MELKIANA, 1992; REIGOSA et al., 1999; MALLIK, 2002), registrando-se, ademais, o aumento na produção de aleloquímicos sob altas (MELKIANA, 1992) ou sob baixas temperaturas (KOEPE et al., 1970b).

Agrega ainda que a temperatura do solo tem um papel significativo na dissipação dos aleloquímicos de serapilheira em decomposição (AN et al., 2002). Somam-se a este outros fatores locais como microclimas edáficos, intensidade e duração das chuvas, pH ou a concentração de oxigênio que também podem ser relevantes (REIGOSA, 1988; WEIDENHAMER et al., 1989; FISHER et al., 1994).

2.4.2.3 Fatores relacionados à espécie

A produção de aleloquímicos é regulada geneticamente e pode haver diferenças importantes no conteúdo aleloquímico entre genótipos de espécies (BELL; CHARWOOD, 1980; MILLER, 1996; QUADER et al., 2001).

Uma diminuição na concentração aleloquímica com a idade da espécie foi relatada por Weston et al. (1989) e Wolfson; Murdock (1990), havendo também registros de que patógenos, pragas, parasitas ou herbívoros também podem estimular a produção de aleloquímicos (FARKA; KIRALY, 1962; BALDWIN, 1989).

Finalmente, o tipo de aleloquímico produzido por uma espécie é que determina a sua mobilidade na água, a volatilidade no ar, a afinidade com a superfície do solo e a sua degradabilidade (CHENG, 1992; BIRKETT et al., 2001; PEÑUELAS, 2005).

2.4.2.4 Fatores ecológicos

A alelopatia é um fenômeno fortemente relacionado com a interação de plantas matrizes com o ambiente (BLANCO, 2009).

Em ecossistemas com incêndios florestais frequentes, por exemplo, observa-se uma maior produção de aleloquímicos pelas plantas (WILLIAMSON; BLACK, 1981; COLEY et al., 1985). Esta produção de aleloquímico elevada pode ser consequência de dano físico causado pelo fogo ou uma estratégia para reduzir a proliferação de plantas altamente inflamável próximo da planta matriz (WILLIAMSON et al., 1992).

Além disso, o fogo é um importante fator de redução da concentração de aleloquímicos em solos florestais, pela queima de húmus e da serapilheira, com grandes concentrações de inibidores do crescimento (LOVETT, 1986; MALLIK, 2003).

Outros fatores ecológicos são a presença de organismos diversos, capazes de degradar os aleloquímicos a formas menos tóxicas ou de estimular a produção de aleloquímicos nas plantas (MELKIANA, 1992; REIGOSA et al., 1999).

A densidade de plantas alvo também é influenciada, uma vez que o crescimento de plantas a baixas densidades tem uma maior quantidade de toxinas por planta, disponível para captação (WEIDENHAMER et al., 1989). Deve-se acrescentar que diversos estudos relataram uma produção elevada de aleloquímicos e concentração de aleloquímicos no solo em estágios sucessórios finais ou de clímax (RICE; PANCHOLY, 1973), sendo que a nitrificação em estágios seriais finais pode ser fortemente inibida por essa razão (PELLISSIER et al., 2002) e a sucessão pode ser direcionada para plantas que inibem a nitrificação de outros organismos, para reduzir a competição interespecífica (RICE; PANCHOLY, 1973; CHOU, 1986).

2.5 Efeitos dos extratos alelopáticos

2.5.1 Efeitos em nível de espécie

Efeitos alelopáticos importantes foram identificados na planta em nível celular, molecular e em processos bioquímicos, como a respiração e a fotossíntese; fatores como a interferência com hormônios, enzimas e ácidos nucléicos também devem ser levados em consideração (EINHELLIG, 1986; RIZVI et al., 1992).

Em nível celular, os aleloquímicos afetam a permeabilidade da membrana, alteram a atividade dos cloroplastos, a concentração de clorofila e a taxa de

respiração mitocondrial ou causam funcionamento ribossômico anormal, reduzindo, assim, a eficiência da função celular (MULLER et al., 1969; WINK; TWARDOWSKI, 1992; EINHELLIG, 2004).

Estas alterações acontecem na função organal da planta. Nas raízes, a captação de nutrientes, a condutividade de água, a nodulação e até mesmo a morfologia da raiz podem sofrer modificações em decorrência da ação dos aleloquímicos (HARPER; BALKE, 1981; JOBIDON; THIBAUT, 1982; CALLAWAY, 1990; RIZVI et al., 1992), enquanto que, no tronco, o transporte de água e de carbono pode ser restringido severamente (EINHELLIG et al., 1985).

A eficiência fotossintética e o potencial de água nas folhas são frequentemente alterados na presença de aleloquímicos (RIZVI et al., 1992) e até a capacidade do poder de germinação das sementes pode diminuir (WINK; TWARDOWSKI, 1992; EINHELLIG, 2004).

2.5.2 Efeitos em nível de ecossistema

Um ecossistema é o mais alto nível de integração na hierarquia da complexidade de um sistema ecológico e define as determinantes chaves do futuro da floresta (KIMMINS et al., 2005).

A definição de alelopatia é provavelmente mais aplicável a processos em nível de ecossistema do que aos processos em nível de população, especialmente dentro de habitats pobres em espécies, em que caminhos biogeoquímicos são dominados por uma ou duas espécies com propriedades alelopáticas (WARDLE et al., 1998).

Muitos efeitos alelopáticos, neste nível, estão relacionados diretamente com questões florestais como é o caso do retardo e da redução da germinação, o que já foi largamente relatado (JOBIDON; THIBAUT, 1982; WINK; TWARDOWSKI, 1992; MALLIK; PELLISSIER, 2000). Além disso, o desenvolvimento da raiz pode ser reduzido (MULLER, 1986; MALLIK; ZHU, 1995) e o balanço hídrico ou a habilidade de captura de nutrientes prejudicada (FISHER, 1979), o que pode ser a causa de distúrbios importantes no crescimento e no desenvolvimento de mudas, sendo que o efeito dos aleloquímicos em brotações também já foi relatado (HUANG et al., 2000).

Em árvores adultas, a estagnação do crescimento causada por aleloquímicos foi relatada em plantações mistas de espécies lenhosas (RIETVELD et al., 1983),

provavelmente devido a mudanças nas condições de água e nutrientes no solo em árvores adultas (FISHER, 1979), assinalando-se que, em casos mais severos, essa situação levou à morte e ao desaparecimento de uma espécie (CHOU, 1986).

Blanco (2009) argumenta que, em nível de ecossistema, não são somente as espécies de árvores que são afetadas por aleloquímicos, mas outros organismos também o são. Vários estudos demonstraram que os aleloquímicos são capazes de inibir ou diminuir as taxas de nitrificação e afetar microorganismos de vida livre, fixadores de N no solo das florestas (LODHI; KILLINGBECK, 1980; CHOU, 1986; RICE, 1992).

Diversos estudos ressaltam que efeitos indiretos da alelopatia, como a alteração do ambiente químico do solo em que os microorganismos se desenvolvem, podem ser mais importantes para o ciclo de nutrientes do que os efeitos diretos (YAMASAKI et al., 1998; INDERJIT; MALLIK, 2002).

Um dos efeitos mais importantes pode ser a variação da fertilidade local pela alteração na decomposição do húmus (DAMMAN, 1971), assim como diversos autores atribuíram à alelopatia a diminuição da formação micorrizal, com consequências dramáticas para a captação de água e de nutrientes e consequentes efeitos na taxa de crescimento das árvores (EINHELLIG, 1986; MALLIK; ZHU, 1995).

2.5.3 Implicações silviculturais da alelopatia

Atualmente pesquisas sobre aspectos visando a aplicação da alelopatia são poucas e a maioria dos estudos concentra-se nas formas de reduzir os efeitos adversos da alelopatia em espécies lenhosas de importância silvicultural (PELLISSIER; SOUTO, 1999).

Os efeitos alelopáticos mais adversos foram relatados em relação à influência do sub-bosque na regeneração das árvores (MALLIK, 2003). O método mais comum de controle consiste na eliminação mecânica de plantas matrizes embora, em alguns casos, herbicidas também tenham sido aplicados (LEPAGE et al., 1991).

Newton; Weetman (1994) propuseram altas densidades de plantação para conseguir um rápido fechamento no dossel e, assim, reduzir a disponibilidade de energia para o sub-bosque com atividade aleloquímica. Este efeito adverso, no sub-bosque, pode ser aumentado por dano mecânico com tratamento de *mulching*, redução da energia disponível e autotoxicidade aleloquímica (PELLISSIER; SOUTO,

1999).

Com o mesmo objetivo de reduzir o impacto adverso em espécies valiosas de árvores, Mallik et al. (1998); Pellissier et al. (2002) propuseram a seleção de fungos micorrizais em árvores jovens, em viveiros, que são capazes de resistir aos aleloquímicos e reter estes compostos antes que as raízes das árvores sejam danificadas.

A silvicultura também pode se beneficiar deste fenômeno natural, isto é, as informações sobre a alelopatia podem ser usadas no controle de plantas daninhas em espécies arbóreas valiosas (BLANCO, 2009).

Seguindo a mesma abordagem Chou (1986); Birkett et al. (2001) indicaram a alelopatia como um método de controle das plantas daninhas. Ademais, as consequências ecológicas do fogo também podem estar relacionadas à alelopatia, visto que o fogo é capaz de destruir ou ao menos reduzir as concentrações aleloquímicas, ao queimar o nível do húmus do solo florestal, local em que a maioria dos aleloquímicos são depositados, ajudando as mudas a encontrar um solo mineral e aumentar as suas chances de estabelecimento (LOVETT, 1986). Se o número e a intensidade dos incêndios florestais não forem reduzidos, é possível que os aleloquímicos alcancem níveis capazes de causar a morte de espécies de árvores já estabelecidas (ELLIS et al., 1980) ou impossibilitem a regeneração da árvore após a colheita (MALLIK, 2003).

2.6 Fitoalexinas e outras reações

Fitoalexinas são definidas como substâncias produzidas pelas plantas em resposta à invasão ou ao contato de microrganismos, em geral, patogênicos. As fitoalexinas podem ser flavonas, flavonóis; isoflavonóis, que inibem o crescimento de várias espécies de *Phytophthora* (BERHOW; VAUGHUN, 1999).

Segundo a literatura, estes mesmos grupos de substâncias inibiram a germinação e o crescimento da radícula de várias angiospermas (PASZKOWSKI; KREMER, 1988).

As cumarinas e as lactonas podem ter a sua síntese aumentada pelo contato de plantas com fungos patogênicos; ao mesmo tempo, estas substâncias podem ser liberadas no meio e agir como aleloquímicos (JORRIN; PRATS, 1999). Acrescenta-se, neste aspecto, que alterações ambientais causadoras de estresse podem

desencadear variações nos níveis de produção de aleloquímicos (HALL et al., 1982; INDERJIT, 1996) e, pelas mesmas razões, a produção de fitoalexinas pode ser desencadeada (ZOBE; LYNCH, 1999). Elicitores, componentes da constituição da parede do fitopatógeno, provocaram a síntese de alexinas, mas também promoveram a síntese de compostos fenólicos, uma vez que a sua ação tem pouca especificidade (HOAGLAND, 1999).

Há várias classes de substâncias que funcionam como fitoalexinas e podem ser excretadas ao meio (GRAYEY; HARBORNE, 1994). Um exemplo é certas hidroquinonas, que são excretadas aos meio como conjugados, não ativos como aleloquímicos. No entanto, uma das primeiras ações dos decompositores é romper o conjugado, permitindo que se desencadeie o processo alelopático (HOGAN; MANNERS, 1991).

2.7 Principais grupos de metabólitos secundários

A maioria das espécies do reino vegetal sintetiza uma imensa variedade de metabólitos, que são geralmente, classificados em dois grandes grupos, baseado em suas funções (BODE; MÜLLER, 2003). Os metabólitos primários são essenciais ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas e utilizados universalmente, enquanto que os metabólitos secundários são extremamente diversos e variáveis, desempenhando o papel de garantir a sobrevivência do organismo no habitat natural, uma vez que garante vantagens ecológicas à espécie produtora.

De acordo com Chapman; Hall, (1971), são conhecidos aproximadamente 170 mil metabólitos secundários na atualidade (<http://www.chemnetbase.com/scripts/dnpweb.exe>). Estes metabólitos podem ser sintetizados constitutivamente em órgãos específicos ou em específicos estágios de desenvolvimento, ou a sua produção pode ser induzida por ataque de herbívoros ou de patógenos (GERSHENZON et al., 2000).

Os terpenóides, os compostos fenólicos e os compostos nitrogenados formam as três principais classes de metabólitos secundários das plantas, usados na defesa contra estresses bióticos e abióticos (TAIZ; ZEIGER, 1998).

2.7.1 Terpenóides

Os terpenóides, terpenos ou ainda isoprenóides, constituem a maior classe de produtos secundários, caracterizados principalmente como compostos de defesa contra herbívoros e patógenos em muitas plantas (RODRIGUEZ-CONCEPCIÓN; BORONAT, 2002; TAIZ; ZEIGER, 1998), bem como na atração de polinizadores, na dispersão de sementes por animais, e como aleloquímicos, que influenciam a competição entre espécies de plantas (RODRIGUEZ-CONCEPCIÓN; BORONAT, 2002). São compostos de caráter geralmente lipofílico, sintetizados a partir de acetilCoA ou de intermediários da glicólise, que podem ser separados em cinco subclasses mais importantes: monoterpenóides, sesquiterpenóides, diterpenóides, triterpenóides e politerpenóides. As enzimas terpeno-sintases (TPSs) catalisam a formação de esqueletos de carbono básicos de terpenóides, de intermediários acíclicos fosforilados, convertendo geranyl difosfato (10 C), farnesil difosfato (15 C) e geranylgeranyl difosfato (20 C), respectivamente, em monoterpenóides, sesquiterpenóides e diterpenóides (LU et al., 2002; MARTIN et al., 2003).

Monoterpenóides (com 10 carbonos): são sintetizados nos plastídios, sendo emitidos pelas plantas e constituem a maior fonte de compostos orgânicos voláteis (COV) na atmosfera, participando com importante parcela da química atmosférica (NIINEMETS et al., 2002). Entretanto, o mais conhecido dos monoterpenóides não compõe o grupo dos COV: são os piretróides, que ocorrem em folhas e flores de várias espécies de *Chrysanthemum*, com forte ação inseticida (TAIZ; ZEIGER, 1998).

Nas Coníferas, são bem conhecidos os monoterpenos alfa-pineno, limoneno e mirceno, tóxicos para numerosos insetos, sendo que muitas coníferas respondem a infestações produzindo quantidade adicional de monoterpenóides (MARTIN et al., 2003). Sob o ponto de vista econômico, uma das espécies mais relevantes na produção de monoterpenóides é *Mentha piperita* L., da família Lamiaceae, que produz altos teores de monoterpenóides de esqueleto p-mentano.

Muitas plantas contêm misturas voláteis de monoterpenóides e sesquiterpenóides, chamadas de óleos essenciais, geralmente, eles têm ação repelente sobre herbívoros e podem servir como atraentes de inimigos naturais de fitófagos (TAIZ; ZEIGER, 1998; RODRIGUEZ CONCEPCIÓN; BORONAT, 2002). Sesquiterpenóides (isoprenóides de 15 carbonos): derivados de três unidades de

isopreno, que são encontrados nos óleos essenciais, podem atuar como fitoalexinas antimicrobianas e como anti-herbívoros (RODRIGUEZ-CONCEPCIÓN; BORONAT, 2002).

Diterpenóides (C20): incluem a cadeia lateral da clorofila, filoquinonas e tocoferol, giberelinas, fitoalexinas e taxol (RODRIGUEZ-CONCEPCIÓN; BORONAT, 2002). Alguns diterpenóides, componentes de resinas, têm demonstrado ser tóxicos e deterrentes alimentares aos herbívoros (TAIZ; ZEIGER, 1998).

Triterpenóides (C30): como os fitosteróis, brassinosteróides e algumas fitoalexinas, toxinas e graxas, resultam geralmente da união de duas cadeias de 15 carbonos (RODRIGUEZ-CONCEPCIÓN; BORONAT, 2002). Outro grupo de triterpenóides de efeito anti-herbívoro é o dos limonóides. Além de apresentar outros efeitos tóxicos, a azadiractina talvez seja o mais poderoso deterrente de insetos conhecido deste grupo, com ação em doses tão baixas como 50 ppb,. Cardenólídeos e saponinas são tóxicos a muitas espécies de animais, inclusive aos mamíferos (MAIRESSE, 2005).

As fitoecdisonas formam um grupo de esteróides vegetais com a mesma estrutura básica dos hormônios de insetos e, quando ingeridos por eles, interferem nos processos de desenvolvimento, com consequências letais. Os esteróides são os mais importantes desta subclasse (TAIZ; ZEIGER, 1998).

2.7.2 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são produtos do metabolismo secundário consideráveis na defesa contra herbívoros e patógenos; contém o grupo fenol, a maioria derivada da fenilalanina, que, por sua vez, é dependente da rota do ácido chiquímico, intermediária da síntese da maioria dos compostos fenólicos nas plantas (LEHNINGER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 1998). A fenilalanina amônio liase (PAL), talvez a enzima mais estudada no metabolismo secundário das plantas, cataliza a desaminação da fenilalanina para formar o ácido cinâmico (BODE; MÜLLER, 2003).

A regulação da atividade da PAL é muito complexa, pela existência de múltiplos genes que codificam esta enzima, alguns dos quais são expressos somente em tecidos específicos ou apenas sob certas condições ambientais (LOGEMANN et al., 1995).

Os flavonóides, uma das maiores classes de metabólitos secundários em plantas, envolvem um grupo de compostos polifenólicos complexos, que apresentam uma estrutura comum caracterizada por dois anéis aromáticos (A e B) e um anel heterociclo oxigenado (C). Formando uma família de mais de 4.000 diferentes compostos já descritos, que inclui os subgrupos dos flavanonas, antocianidinas, flavonas e flavonóis (WILHELM FILHO, 2001).

Os isoflavonóides (isoflavonas) são um grupo de flavonóides nos quais a posição de um anel aromático (anel B) é alterada. São encontrados principalmente nas leguminosas e possuem muitas atividades biológicas diferentes (TAIZ; ZEIGER, 1998). Alguns, como os rotenóides (ex., rotenona), têm ação fortemente inseticida, e outros ainda podem funcionar como fitoalexinas, compostos antimicrobianos sintetizados em resposta a infecções por fungos e bactérias (TAIZ; ZEIGER, 1998).

Os taninos, compostos formados pela polimerização de unidades de flavonóides, são dissuasivos (deterrentes) de alimentação frente a herbívoros e atuam também como antimicrobianos (TAIZ; ZEIGER, 1998). As propriedades defensivas dos taninos são, em geral, atribuídas a sua habilidade em ligar-se às proteínas, a exemplo de outros fenólicos, dificultando a digestão nos insetos. A limitação da disponibilidade de proteínas também deve ser fator de inibição do crescimento e do desenvolvimento de patógenos.

Os compostos fenólicos, portanto, formam uma das maiores classes de metabólitos secundários encontrados em plantas e muita atenção deve ser dada ao seu potencial como função na ecologia vegetal e nos estudos sobre alelopatia (DALTON, 1999).

2.7.3 Compostos alcalóides

Uma definição para os compostos alcalóides apresenta certas dificuldades devido a ausência de uma separação precisa entre alcalóides propriamente ditos a aminas complexas de ocorrência natural (HENRIQUES et al., 2007).

Para contornar esses problemas, Pelletier (1988) formulou a seguinte definição: Um alcalóide seria uma substância orgânica de origem natural, cíclica, contendo um nitrogênio em um estado de oxidação negativo e cuja distribuição é limitada entre os organismos vivos. Essa definição englobaria todos os compostos que foram considerados até o momento como alcalóides, mas excluiria

compostos nitrogenados tais como; aminas simples, aminoácidos, peptídeos, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, porfirinas, vitaminas e compostos nitro e nitroso, contudo até o momento nenhuma se apresentou completamente abrangente (HENRIQUES et al., 2007).

Os alcalóides constituem-se num vasto grupo de metabólitos com grande diversidade estrutural, comparável àquela dos terpenóides, representando cerca de 20% das substâncias naturais descritas (HENRIQUES et al., 2007).

Estão classificados os alcalóides e os glicosídeos cianogênicos, muito tóxicos, entre outras substâncias. Os alcalóides são encontrados em mais de 20% das plantas superiores e, provavelmente, a maioria deles tem a função de defesa (TAIZ; ZEIGER, 1998). Da classe dos compostos nitrogenados também fazem parte os glicosinolatos, que resultam em toxinas voláteis e os aminoácidos não protéicos. Algumas plantas da família das Leguminosas (Fabaceae) sintetizam inibidores de alfa-amilase e outras espécies produzem lectinas, proteínas defensivas que se ligam a carboidratos ou proteínas contendo carboidratos (GATEHOUSE et al., 1991; XU et al., 1996; TAIZ; ZEIGER, 1998). Outras como a macieira silvestre (*Malus brevipes* Rehder), podem produzir uma proteína inibidora da acetilcolinesterase (STOEWSAND et al., 1994).

2.8 A alelopatia e o fenômeno da hormese

O efeito da hormese ocorre quando uma substância tóxica, em doses muito menores que aquela que apresenta toxicidade, estimula o desenvolvimento da planta. Algumas pesquisas demonstraram que certos compostos podem atuar como promotores de crescimento (YAMADA et al., 1995; YOKOTANI-TOMITA et al., 1998).

O efeito hormese é observado em todos os grupos de organismos como bactérias e fungos, plantas superiores e animais (CALABRESE, 2005), contudo, os efeitos dos aleloquímicos podem variar conforme o órgão da planta onde eles atuam (AQUILA et al., 1999), sendo capazes de causar inibições em um órgão e pequeno incremento em outro, podendo ser um reflexo da fisiologia distinta desses órgãos.

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

concentrações. Neste contexto, os autores afirmaram que são comuns os efeitos “em serra” (inibições em baixas concentrações e promoções em altas concentrações), pois a quantificação de efeitos secundários reflete a soma não-linear de vários efeitos em nível primário. Os mesmos autores ressaltaram que cada processo fisiológico tem resposta diferente a certas doses de cada aleloquímico em particular.

Entretanto, tais compostos, mesmo em concentrações mínimas, podem agir diretamente sobre a constituição do organismo, ativando ou inibindo o crescimento, assim como o fazem em plantas vizinhas (BLUM, 1999).

O interesse da pesquisa em alelopatia dá-se na busca por novas moléculas (COBB, 1992; CHON et al., 2003) e também pela criação de variedades alelopáticas geneticamente modificadas com o auxílio da biotecnologia.

Em biotestes com diferentes compostos, em baixíssimas concentrações, a hormese tem sido observada, há muito tempo, na área de pesquisa agrícola e florestal, mas as evidências surgiram a partir de bioensaios com herbicidas, quando diversos autores observaram, em determinantes de curvas dose-resposta, que estas substâncias estimulavam caracteres estudados no material reagente (SCHABENBERGER et al., 1999; WAGNER et al., 2003; HUNT; BOWMAN, 2004; NICOLA et al., 2004; PEREIRA et al., 2004).

O herbicida glifosato é um exemplo da ocorrência da hormese que, em concentrações muito baixas, instiga o crescimento de plântulas (SCHABENBERGER et al., 1999; SOUZA et al., 2000; WAGNER et al., 2003). No entanto, Forbes (2000) explica que a hormese é uma adaptação evolutiva, que atua para manter a capacidade reprodutiva sob mudanças ambientais. Como exige gasto de energia, nem todos os caracteres exibem hormese simultaneamente e, assim, nem toda a capacidade reprodutiva é estimulada sob baixos níveis de agentes tóxicos (FORBES, 2000).

Depois de considerar a questão do fenômeno hormese e diante da variedade da atuação dos metabólitos secundários, sobremaneira na ação alelopática, os aleloquímicos são considerados como um recurso para o desenvolvimento de herbicidas naturais ou de um estimulante para o crescimento de algumas plantas (GATTI et al., 2004).

2.9 Qualidades das sementes em germinação e crescimento inicial de plântulas

O teste de germinação consiste em determinar o potencial germinativo de um dado lote de forma a avaliar a qualidade fisiológica das sementes para fins de semeadura, produção de mudas como também para pesquisa em laboratório (BRASIL, 2009; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O principal atributo da qualidade a ser considerado é a germinabilidade das sementes, pois, sem ela, a semente não tem valor para a semeadura, tanto para a produção de mudas como para a pesquisa (FIGLIOLA et al., 1993).

A capacidade de germinar e de produzir plântula anormal é avaliada pelo teste de germinação, cujos dados obtidos expressam a qualidade do lote de sementes, conferindo-lhe valores para semeadura, comercialização e comparação com outros lotes (BRASIL, 2009).

O estabelecimento de testes de avaliação da qualidade das sementes passa, inicialmente, pela definição do próprio termo. Tecnicamente “qualidade” refere-se às características relativas às propriedades genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias das sementes e dos lotes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Assim, a avaliação da qualidade de um lote requer que se utilizem metodologias padronizadas, de modo que os testes sejam reprodutíveis em qualquer laboratório, com o mesmo material genético.

As Regras para Análise de Sementes (RAS) estabelecem e especificam padrões a serem adotados, desde o tamanho da amostra até as instruções para realização das análises de qualidade de sementes (MARCOS FILHO, CICERO; SILVA, 1987; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

No Brasil, as atuais RAS fundamentam-se nas Regras Internacionais da ISTA (*International Seed Testing Association*, 1993 e 1999) e da AOSA (*Association of Official Seed Analysis*, 1983), que regulam os métodos a serem empregados na análise de sementes no comércio internacional. Cabe destacar, porém, que muitas espécies florestais, ornamentais e medicinais da região neotropical não apresentam metodologias padronizadas (PIÑA-RODRIGUES, 2004).

2.9.1 Germinação

A germinação segundo Borghetti e Ferreira, (2004), é um conjunto de processos fisiológicos no embrião que se inicia na embebição resultando na protusão da radícula dos envoltórios da semente, e a germinabilidade, é o número final de diásporos germinados sob determinadas condições experimentais, expressa em porcentagem. Considerando ainda o critério botânico ou morfológico da germinação como a protrusão de umas das partes do embrião de dentro dos envoltórios, associada a algum sinal de real crescimento, como a curvatura geotrópica da raiz e/ou a parte aérea, a síntese de pigmentos etc. (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

Outros autores como Davide; Silva (2008) definem, germinação como a soma dos processos que se iniciam com a embebição de água pela semente e termina com a protrusão da radícula pelo endosperma ou tegumento, todavia, a definição pode variar em função do interesse, a que se pretende, ao germinar uma semente .

Ainda Borghetti; Ferreira, (2004) para que a semente possa expressar a sua máxima capacidade de germinabilidade, é preciso que lhe seja fornecida uma série de condições ótimas tais como temperatura, substrato, umidade e um recipiente adequado, o qual deverá ter uma capacidade de interferir no índice de velocidade de germinação.

Portanto, tendo-se uma semente viável em repouso, por quiescência ou dormência, quando são satisfeitas uma série de condições externas (do ambiente) e internas (intrínsecas do órgão), ocorrerá o crescimento do embrião, o qual conduzirá à germinação. Por isso, do ponto de vista fisiológico, germinar é simplesmente sair do repouso e entrar em atividade metabólica (BORGES; RENA, 1993). Tanto fatores abióticos, como a temperatura e a umidade, quanto bióticos, como a presença de substâncias tóxicas produzidas por plantas vivas ou mortas, presentes no local (como resíduos vegetais), têm influência na germinação (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

Para o processo de germinação vários fatores são necessários, como ambiente, temperatura, e a água são os fatores principais que mais influenciam neste processo. Com a absorção de água, por embebição, ocorre a reidratação dos tecidos e, conseqüentemente, a intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que resultam no fornecimento de energia e nutrientes

necessários para a retomada de crescimento, por parte do eixo embrionário (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Pode-se considerar também que o excesso de umidade, em geral, provoca decréscimo na germinação, visto que impede a penetração do oxigênio e reduz todo o processo metabólico resultante. A velocidade de absorção de água varia com a espécie, com o número de poros distribuídos sobre a superfície do tegumento, disponibilidade de água, temperatura, pressão hidrostática, área e contato semente/água, forças intermoleculares, composição química e qualidade fisiológica da semente.

O movimento da água para o interior da semente é devido tanto ao processo de capilaridade quanto de difusão e ocorre no sentido do maior para o menor potencial hídrico. Os testes de germinação são realizados em laboratório sob condições consideradas ideais, de modo a minimizar qualquer efeito que possa interferir e impedir que aquele lote de sementes expresse seu máximo potencial de germinação (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

Em conformidade com RAS, Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) preconiza-se que, para germinação em laboratório, sejam utilizados equipamentos (germinadores ou câmaras) podendo ser com sistemas de controle automático, com regime de alternância de temperatura mais baixa por 16 horas e, na mais alta, por oito horas, assim como o regime de fotoperíodo de oito horas ao dia e 16 horas à noite.

Estudos revelam que o teor de água e o tipo de substrato exigido pelas sementes variam muito de acordo com as características ecológicas das espécies (OLIVEIRA, PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA, 1989). No entanto, há vários tipos de substratos que poderão ser usados, como substrato de papel (papéis mata-borrão e de filtro), areia, solo, pano (tecido de algodão), papel toalha e vermiculita.

Os recipientes mais usados para sementes pequenas são as tradicionais caixas plásticas transparentes (gerbox) prescritas nas RAS. Um dos grandes problemas, na germinação, é a contaminação por doenças.

A possibilidade de disseminação de doenças e pragas via sementes é uma ameaça notória e constantemente abordada pelos especialistas (LUCAS-FILHO, PORTO; MAIA, 1999; AGUIAR, PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA, 2001). O método mais adotado para avaliar a qualidade sanitária de sementes é o papel-filtro (*blotter test*), de acordo com as normas da ISTA (1993 e 1999). Independente do substrato

escolhido é prudente manter um espaçamento amplo entre as sementes, a fim de evitar contaminação de fungos ou bactérias entre elas. O espaçamento adequado é de 1,5 a cinco vezes o tamanho da semente (PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA, 2004).

As RAS prescrevem o uso de 400 sementes para o teste de germinação, mas nem sempre isso é possível para as espécies florestais, basicamente por dois motivos: primeiro, pelo tamanho das sementes e, segundo, pela baixa produção delas, muito comum pelo fato de a maioria das espécies não estar domesticada, ocorrendo em sua área natural. Isso requer necessariamente a redução do número de sementes por repetição e, em consequência, padrões de tolerância com mais cuidado. Nesses casos, os técnicos do setor florestal adotam o uso de 100 sementes (quatro repetições de 25 sementes ou cinco x 20 sementes) (PIÑA-RODRIGUEZ, 2004).

Para diversos autores existem várias maneiras de avaliar a germinação, dentre elas, a geminabilidade (%G) talvez seja a mais simples, representando a porcentagem de sementes germinadas em relação ao número de sementes dispostas a germinar, sob determinadas condições experimentais conforme equação 1. (BORGHETTI; FERREIRA, 2004):

$$G\% = (\sum_{nj} N^{-1}) * 100 \quad (\text{eq. 1})$$

Onde: \sum_{nj} é o número total de sementes germinadas em relação ao número de sementes dispostas para germinar (N), dados que são expressos em porcentagem. Outro índice frequentemente usado para medidas de germinação é o índice de velocidade de germinação, (MAGUIRE, 1962), simbolizado por IVG, em que o número de sementes ou plântulas normais são contabilizadas a cada dia: $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$, G_1, G_2, \dots , onde G_n é o número de diásporo, E_1, E_2, \dots, E_n é o número de plântulas normais na primeira, segunda até enésima observação, N_1, N_2, \dots, N_n número de dias (ou horas) após a semeadura. Embora esse índice seja habitualmente expresso sem unidade, a equação relaciona o número de diásporos germinados (ou plântulas emergidas N) por unidade de tempo. Quanto maior o IVG, maior a velocidade de germinação, o que permite inferir que mais vigoroso é o lote de sementes (NAKAGAWA, 1999). Conforme equação 2.

$$IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n, G_1 G_2 \dots G_n \quad (\text{eq. 2})$$

2.9.2 Crescimento inicial de plântulas

Para avaliar o crescimento inicial, ou seja, mensurar as radículas e os hipocótilos de espécies vegetais verifica-se a presença de protófilo após tratamento com extratos de diferentes órgãos e em diferentes concentrações. Os resultados são comparados aos obtidos para o grupo controle (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

O eixo embrionário é a parte vital da semente e contém tecido meristemático em suas duas extremidades, apresentando condições de crescimento para dois sentidos: o das raízes (radícula) e o do caule (hipocótilo), originando a plântula com condições de fixação ao solo e de fotossintetizar substâncias necessárias (CARVALHO; NAKAGAWA, 1983).

O crescimento do eixo embrionário dá-se pelo aumento de suas células e pela multiplicação por meio de divisões mitóticas. Aumentando-se, inicialmente, o teor de água, as células sofrem certa expansão, com posterior formação de novas células (BORGHETTI; FERREIRA, 2004). Os processos de divisão celular e de expansão dependem da energia de moléculas simples (resultantes da degradação), de substâncias complexas armazenadas nos tecidos de sustentação, de substâncias estruturais e das novas células. Para que estes processos ocorram, são necessárias diferentes sínteses, tais como síntese de enzimas, lipídios, proteínas e componentes das paredes celulares (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988).

Alterações ocorridas no crescimento da radícula e do hipocótilo podem ser oriundas da germinação ou dos processos envolvidos na fase do crescimento do eixo embrionário. A leitura do crescimento é realizada apenas no último dia de experimento, com abertura das caixas e retirada das plântulas uma a uma, com auxílio de uma pinça, para medir em papel milimetrado o comprimento da radícula e do hipocótilo (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988).

2.10 Condições a serem observadas nos bioensaios de alelopatia

Para avaliar a citotoxicidade dos metabólitos secundários, são usados os biotestes ou bioensaios com substâncias isoladas ou como participantes do conjunto de um extrato bruto. Tais testes podem não ser muito fiéis na busca por alelopatia,

pois as respostas podem ou não ser resultado de interações alelopáticas (QASEM; HILL, 1989). Entretanto, para Waller et al. (1999), esses biotestes não apresentam essas limitações, quando se trata apenas de testar citotoxicidade com o objetivo de identificar um ou mais metabólitos de defesa, partindo da avaliação de extratos brutos, que pode conter várias substâncias, até a individualização dos componentes.

Mesmo as interações entre os componentes e outros processos que podem ocorrer no meio, alterando a estrutura e a função dos compostos, como as oxidações, que frequentemente potencializam os efeitos citotóxicos, não deixam de ser úteis, já que um dos objetivos deste tipo de estudo é abrir espaço para a descoberta de novas moléculas bioativas. Um composto resultante da oxidação de um metabólito secundário pode ser o produto final da defesa da planta, quando o tecido recebe um ferimento provocado por um herbívoro ou mesmo por um patógeno ou outro agente agressor. No ambiente natural, como no solo, os metabólitos secundários podem sofrer modificações químicas, microbianas, ou mesmo reagirem com os húmus ou serem alterados por fatores físicos (WALLER et al., 1999).

Diferentemente da maioria dos estudos a campo, os bioensaios de laboratório são desenvolvidos em condições ótimas, sem a vulnerabilidade aos estresses químicos que ocorrem com as plantas em ambiente natural, onde níveis relativamente baixos de aleloquímicos são lançados continuamente e, por efeito cumulativo, acabam sendo efetivos nas relações alelopáticas (DALTON, 1999).

Este autor ressalta que a mais alta razão raiz/parte aérea e menor razão de massa foliar em plantas de ambientes mais iluminados indicam que a biomassa foi distribuída mais para raízes do que para órgãos fotossintetizantes, permitindo maior absorção de água e nutrientes, estratégia que garantiria maior capacidade para suportar as maiores taxas de fotossíntese e a transpiração que se efetivam nestes ambientes; uma baixa razão de área foliar seria benéfica, uma vez que menos material vegetal é exposto a eventuais danos por excesso de luz.

Após a obtenção dos comprimentos das plântulas e de suas partes (hipocótilo e radícula), os cotilédones são removidos e os hipocótilos separados das radículas; os hipocótilos e as radículas são então colocados em sacos de papel distintos, os quais são mantidos em estufa, sob temperatura de $80 \pm 3^\circ\text{C}$ 24 h^{-1} (FERREIRA et al., 2009).

Ao final deste período, é obtido, em miligramas, o peso de massa seca do hipocótilo e radícula. Os resultados são expressos em pesos médios, ou seja, o peso

de massa seca dividido pelo número de plântulas colocadas no saco de papel para secar, sendo que peso de massa seca por plântula é auferido a partir da soma dos pesos médios de massa seca do hipocótilo e radícula (PEREIRA et al., 2009).

Algumas vezes, não é possível identificar individualmente os agentes alelopáticos, já que muitas respostas são resultado de misturas complexas de compostos orgânicos tóxicos ou não, cada um em baixíssima concentração (BLUM, 1996).

Como o ambiente natural promove extrema variação na composição alelopática (INDERJIT; DAKSHINI, 1999), certamente ensaios de laboratório, em condições mais controladas possíveis, devem ser provavelmente os mais recomendáveis. Weidenhamer et al. (1989) verificaram que os efeitos fitotóxicos são dependentes da densidade de sementes e da concentração da fitotoxina, sendo que a fitotoxicidade decresceu com o aumento da densidade pela menor disponibilidade (concentração) de toxinas por indivíduo.

2.11 Métodos de avaliação da atividade alelopática na germinação e crescimento inicial

2.11.1 Bioensaios de atividade alelopáticas na germinação

A germinação de sementes é bom indicador das reais potencialidades de um dado aleloquímico (CHIAPUSIO et al., 1997) e, por isso, tem sido largamente adotada em bioensaios de alelopatia. Contudo, grandes variações nas abordagens podem ser observadas, o que aponta para a falta de padronização.

Em alguns estudos, por exemplo, avaliam-se apenas os efeitos sobre a germinação total, enquanto em outros, abordagens mais amplas são encontradas, envolvendo, além da germinação total, o índice de velocidade de germinação (IVG) (SOUZA FILHO et al., 2010). Os bioensaios de germinação de sementes são, habitualmente, conduzidos em câmeras de germinação, em condições controladas de temperatura e luz, com duração de tempo variável, normalmente entre sete e dez dias, embora período de tempo de duração inferior seja encontrado. Em determinados casos, a temperatura é contínua e, em outros, alternada com tempo de duração para claro/escuro bem variado, dependendo das exigências da espécie receptora (SOUZA FILHO, 2010).

Em alguns casos, ao final do período de incubação, contam-se as sementes germinadas e calculam-se, comparativamente ao tratamento testemunha os efeitos alelopáticos. Em outros casos, contam-se diariamente as sementes e eliminam-se aquelas germinadas, em especial, quando se tem interesse em determinar o índice de velocidade de germinação. Nesses procedimentos, são consideradas sementes germinadas aquelas que apresentam extensão radicular igual ou superior a 2,00 mm (JUNTILA, 1976; DURAM; TORTOSA, 1985).

Muitas são as condicionantes que afetam a germinação de sementes em condições de bioensaios, além da luz e da temperatura. Em geral, nos bioensaios, a água destilada é empregada como controle, sendo as diferenças observadas entre as duas condições (extrato/substância e água destilada) atribuídas aos efeitos alelopáticos (SOUZA FILHO, 2010). Este mesmo autor e Souza Filho et al. (2003), Tseng et al. (2003), Weidenhamer et al. (1989), recomendam que outros fatores devam ser levados em conta, como o número de sementes empregado por cada placa de Petri. Observa-se uma ampla faixa de variação, que vai desde cinco até 50 sementes por placa de Petri, diferentes densidades de sementes por placa de Petri, volume de solução a ser adicionado em cada placa de Petri, devendo-se levar em conta o tamanho das placas, bem como o cuidado para não gerar condições anaeróbicas, que são limitantes para a germinação das sementes

Verificou também que, quanto maior o número de sementes, menores foram os efeitos inibitórios alelopáticos, portanto houve uma relação positiva entre a densidade e o tamanho das sementes. De outra maneira, quanto maiores eram as sementes, maiores também eram as interferências da sua densidade, sendo estes os principais pontos a serem considerados como fonte de interferência em bioensaios de germinação (SOUZA FILHO et al., 2010).

A germinação não é somente o fenômeno que, em condições adequadas, proporciona o desenvolvimento do eixo embrionário.

Conforme Carvalho; Nakagawa (1988) são três as fases para o desenvolvimento do eixo embrionário; a primeira fase é caracterizada pelo aumento da intensidade respiratória, pelo início da degradação de substâncias de reserva (carboidratos, proteínas e lipídios) e pelo desdobramento destas em substâncias de menor tamanho para facilitar o transporte; na segunda fase, dá-se o transporte das substâncias desdobradas, a diminuição da absorção de água e o crescimento lento da intensidade respiratória.

A partir de um teor de umidade, a semente retorna à intensa absorção de água e respiração, iniciando-se o crescimento visível do eixo embrionário e, com ele, a terceira fase.

As substâncias desdobradas na primeira fase e transportadas na segunda são reorganizadas em substâncias complexas que, na terceira fase, permitem o crescimento do eixo embrionário. Portanto, qualquer alteração que aconteça na germinação de uma planta por meio de outra planta pode ser decorrente de influência em todas as fases da germinação ou especificamente em uma delas (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988).

Para o estudo da germinação, faz-se leitura diária, no mesmo horário, e são consideradas germinadas as sementes que apresentam a protrusão da radícula visível através do tegumento, conforme descrito por De Feo, De Simone e Senatore (2002) e Adegas, Voll; Prete (2003). Após, deve ser avaliada a percentagem de germinação e, em continuidade, o índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRRE, 1962) para cada repetição de cada tratamento e concentrações (KRZYZANOWSKI, VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999).

Muitas vezes, o efeito alelopático não se dá sobre a germinabilidade (percentual final de germinação), mas sobre a velocidade de germinação ou sobre outro parâmetro do processo (FERREIRA, 2004). Essas mudanças no padrão de germinação podem resultar de efeitos sobre a permeabilidade de membranas; da transcrição e transdução do DNA; do funcionamento dos mensageiros secundários; da respiração, por sequestro de oxigênio (fenóis); da conformação de enzimas e de receptores ou, ainda, da combinação desses fatores (RIZVI; RIZVI, 1992).

2.11.2 Bioensaios de alelopátia na germinação em laboratório

Os compostos químicos liberados pelas plantas ou microrganismos no ambiente e que causam efeitos benéficos ou deletérios sobre outras plantas ou microrganismos são denominados de substâncias alelopáticas, agentes aleloquímicos ou simplesmente aleloquímicos, ou metabólitos secundários (CARVALHO, 1993). Quando o composto liberado causa somente efeitos prejudiciais, recebe também o nome de fitotoxina.

Esses compostos podem ser produzidos em qualquer parte das plantas e a sua concentração varia de espécie para espécie e, numa mesma espécie, de

acordo com a parte da planta e o seu estágio de desenvolvimento (RODRIGUES et al., 1993).

Os testes de germinação são simples, no entanto, há uma série de cuidados que devem ser tomados para que se possam ter respostas reprodutíveis. Os testes podem ser realizados em laboratório à temperatura ambiente, porém como a temperatura influi sobre a germinação e sobre a ação alelopática, o controle dela é desejável, tendo-se o uso da temperatura entre 22 e 28°C como o procedimento mais comum (FERREIRA, 2004). Deve-se cuidar para que as placas não sequem (BRASIL, 1992).

Segundo Borghetti e Ferreira (2004), existem vários critérios para estes testes como a colocação de duas ou três folhas de papel-filtro ou absorvente no fundo da placa visando diminuir o teor de água nas sementes; ademais, colocar algodão sob o papel ou uma fina camada de esponja neutra desinfestada pode ser uma boa alternativa e o uso de Agar-gel também é uma possibilidade plausível, mas, nesse caso, o gel deve ser de boa qualidade, para haver interferência. Deve-se evitar o alagamento das placas para impedir que as sementes bóiem, sendo que o uso de películas plásticas para vedar as tampas das placas ou caixas gerbox também auxilia na evaporação da água; por último, a colocação de uma ou mais vasilhas com água no interior da câmara pode evitar problemas de ressecamento das placas. Esses cuidados são fundamentais, pois a evaporação dos extratos torna-os mais concentrados, o que pode falsear os resultados. Deste modo, a germinação deve ser verificada diariamente ou em intervalos menores para contabilizar as sementes germinadas (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

O critério pode ser o aparecimento da curvatura geotrópica da radícula ou o seu tamanho deve ser, no mínimo, 50% do tamanho das sementes, para evitar falsa germinação por expansão do embrião com a embebição (LABOURIAU, 1983). Muitas vezes, o possível efeito alelopático apenas retarda o processo germinativo. A análise da velocidade e do comportamento da curva acumulada de germinação pode fornecer indicações de relevo sobre o alelopático (FERREIRA, 2004).

O controle do pH e da concentração dos extratos brutos é fundamental, pois pode haver, neles, substâncias como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos, os quais influem na concentração iônica. Com o uso de rolo de papel ou solo, a visualização da radícula não é critério utilizado para contabilizar a germinação (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

Para testes alelopáticos, recomenda-se o critério morfológico (emergência da radícula e protusão da radícula), como primeira abordagem, devendo ser seguido por testes de germinação em solo ou areia. Tendo sido, inicialmente, usado rolo de papel para verificar a germinação, se houver indícios de alelopatia, devem-se realizar os testes novamente em placas. Justamente por ser mais fácil a tomada de dados, existe extensa literatura apontando efeitos alelopáticos sobre a germinação (RICE, 1984; PUTNAM; TANG, 1986). Abordar-se-á, aqui, apenas alguns problemas relevantes da germinação de sementes, como época do ano de coleta de material com possível efeito alelopático e distribuição da curva germinativa.

Jacobi e Ferreira (1991) descreveram que extratos aquosos de folhas de *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze, inibiam a germinação de algumas espécies de hortícolas e que este efeito dependia da época do ano em que as folhas eram coletadas.

Muitas vezes, o efeito alelopático não é sobre a germinabilidade, mas sobre o percentual final de germinação no período de tempo (LABOURIAU, 1983). Dessa forma, o acompanhamento da germinação deve ser diário ou em tempos mais curtos que 24 horas.

A incorporação de frutos de *Ilex paraguariensis* (erva-mate) ao solo também produziu efeitos significativos em vários parâmetros de crescimento do milho, mesmo após 60 dias de incorporação do material ao solo. Interessante observação foi realizada por Weidenhamer et al. (1987) que notaram uma redução no efeito alelopático quando um número maior de plântulas foi colocado na placa. O aumento do volume da substância alelopática avaliou este efeito, ou seja, o crescimento das radículas de *Cucumis sativus* foi proporcional ao fitotóxico disponível para cada semente. Portanto, deve-se cuidar a proporção entre o aleloquímico e o material biológico em teste.

2.11.2.1 Potencial osmótico

Nos estudos de extratos vegetais visando investigar sua alelopatia, o potencial osmótico é um aspecto pouco considerado e que pode mascarar o fenômeno alelopático.

Os efeitos do potencial osmótico podem ser notados no comportamento germinativo, pelo atraso na velocidade de germinação. Um caso, usando-se NaCl,

foi relatado por Rodrigues et al. (1999), embora este sal tenha a desvantagem de penetrar nas células, causando distúrbios que não são de natureza alelopática,. No entanto, em estudo realizado por Astarita et al., 1996, os efeitos osmóticos também puderam ser verificados sobre o crescimento da plântula, onde se pode notar que, além do efeito osmótico provocado pelo PEG 6000, que não penetra nas células, houve efeito alelopático do extrato de folhas de *Mimosa bimucromata*.

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

2.11.3 Bioensaios de atividade alelopática em crescimento inicial

A germinação é menos sensível aos aleloquímicos que o crescimento da plântula, mas a quantificação experimental é muito mais simples, pois para cada semente o fenômeno é discreto (FERREIRA; AQUILA, 2000). Porém, substâncias alelopáticas podem induzir o aparecimento de plântulas anormais, sendo a necrose da radícula um dos sintomas mais comuns. Desse modo, a avaliação da normalidade das plântulas é um instrumento valioso (FERREIRA, 2004).

A metodologia descrita na literatura para os bioensaios de atividade alelopática sobre o desenvolvimento da radícula e do hipocótilo é muito semelhante aos descritos para a germinação de sementes, em relação ao isothermal e ao fotoperíodo, sendo que o tempo de duração dos bioensaios no crescimento inicial é variado de acordo com a espécie, com observações de três a 10 dias, podendo chegar até 45 dias (FERREIRA, 2004).

O volume e a concentração de solução testada é outro fator que tem variado consideravelmente nos bioensaios. Leather; Einhellig (1986), em revisão sobre este fator, relatam volumes que vão desde 25 a 140 mL de solução-teste. O volume da solução a ser adicionado depende, em primeira instância, do tamanho dos recipientes dos substratos e concentrações sendo que, quanto maiores os recipientes, maiores podem ser os volumes empregados.

Testes pré-experimentais podem, facilmente, fornecer informações confiáveis a esse respeito (LEATHER; EINHELLIG (1986).

Santos et al. (2010) afirmam que, comparativamente, os bioensaios de alongamento da radícula têm se mostrado mais sensíveis aos efeitos alelopáticos do que a germinação de sementes. Por exemplo, Souza Filho et al. (2005), trabalhando com diferentes concentrações do ácido *p*-cumárico, observaram que, para promover 28% de inibição da germinação de sementes de *Mimosa pudica* L. foi necessário concentração de 8,0 mg L⁻¹; enquanto, para promover a mesma taxa de inibição da radícula, precisou-se de concentração inferior a 1,0 mg L⁻¹.

Estudos de Lobo et al. (2008), utilizando a planta daninha *Mimosa pudica* como indicadora dos efeitos da substância catequina encontrado nas folhas, verificaram inibição da germinação das sementes da ordem de 33% para concentração de 20 mg L⁻¹; a fim de obter a mesma inibição do desenvolvimento da radícula, porém, a concentração exigida foi inferior a 5,0 mg L⁻¹.

Entretanto, quando se estudam os óleos essenciais, pequenas variações podem ser observadas em relação às intensidades dos efeitos fitotóxicos sobre a germinação e o desenvolvimento da radícula, podendo estes serem de mesma magnitude conforme Souza Filho et al., 2009, ou mais intensos sobre a germinação das sementes, conforme observado por Souza Filho et al. (2009).

A germinação *stricto sensu*, que termina com a protrusão da radícula, também pode envolver a preparação para o desenvolvimento da plântula.

Sob circunstâncias naturais, as sementes podem germinar abaixo da superfície do solo. As plântulas em crescimento devem cumprir uma determinada distância até a superfície; em seguida, a luz induz a síntese da clorofila e o começo da fotossíntese. A partir daí, a plântula em crescimento torna-se um organismo autotrófico. No entanto, até esse momento, o crescimento da plântula é abastecido pelos carboidratos derivados das reservas de semente (SOUZA FILHO et al. (2009).

Tanto o amido como os lipídios são convertidos em sacarose, que é requerida como fonte de energia para o crescimento. Nesse estágio, a plântula em crescimento é essencialmente um organismo heterotrófico, que confia na disponibilidade de energia dos tecidos de reserva da semente (SOUZA FILHO et al. (2009).

Embora, em geral, considerado um evento pós-germinativo, o início da mobilização desses alimentos de reserva efetiva-se bem antes da protrusão da radícula (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988).

Os testes de crescimento inicial podem ser realizados de acordo com algumas informações sobre a germinação desde que, nos laboratórios, alguns cuidados sejam observados rigorosamente, como não deixar secar e concentrar muito, pela evaporação, os extratos em testes (FERREIRA, 2004).

Alguns recipientes como a placa de Petri tem poucas restrições devido a pouca altura e, como a parte aérea tem gravitropismo negativo, o desenvolvimento nas placas contendo os extratos pode ser limitado pela tampa da placa (FERREIRA, 2004).

Para avaliar o crescimento, ou seja, mensurar as radículas e os hipocótilos, verificar presença de folíolos após tratamento com diferentes amostras e comparar os resultados aos obtidos com controle, lembrando que o crescimento é resultado da germinação.

O crescimento do eixo embrionário dá-se pelo aumento de suas células e pela multiplicação através de divisões mitóticas. Aumentando-se, inicialmente, o teor de água, as células sofrem certa expansão com posterior formação de novas células. Os processos de divisão celular e de expansão dependem da energia de moléculas simples (resultantes da degradação), de substâncias complexas armazenadas nos tecidos de sustentação, de substâncias estruturais e das novas células. Para que ocorram estes processos, envolvem-se sínteses, tais como síntese de enzimas, lipídios, proteínas e componentes das paredes celulares (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988).

Em experimento realizado por Jacobi e Ferreira (1991); Inderjit; Dakshini (1995); Pratley et al. (1999), a leitura do crescimento foi feita apenas no último dia de experimento, com abertura das caixas e retirada das plântulas uma a uma (com auxílio de uma pinça) para medir, em papel milimetrado, o comprimento da radícula e do hipocótilo. A massa seca da raiz ou parte aérea, bem como o comprimento das plântulas ou radículas são os parâmetros mais usados para avaliar o efeito alelopático sobre o crescimento.

Para obtenção dos dados de comprimento de hipocótilo, são realizadas medidas nas zonas de diferenciação entre radícula/hipocótilo até os cotilédones, e para medição da radícula é considerado o comprimento da raiz primária (MENEZES et al., 2011).

Outro método de avaliação das plântulas no crescimento inicial é o parâmetro da massa seca (SANTOS et al., 2010). A massa seca é calculada pela diferença entre o

peso da massa fresca e o peso da massa seca e o resultado é expresso em mg. Em determinada situação este processo é determinado quando o produto tem valor econômico na forma seca, no caso na produção de madeira. Conforme equação 3.

$$X_i = w_i/w_i - w_s \quad (\text{base úmida})$$

$$X_i = w_s/w_i - w_s \quad (\text{base seca})$$

Onde: (eq. 3)

X_i umidade inicial

w_i massa inicial

w_s massa seca (mg)

Para conduzir os bioensaios alelopáticos tanto de germinação como crescimento inicial das plântulas é necessário considerar várias etapas que constituem a análise fitoquímica como coleta, preparação do material vegetal, estabilização e secagem, moagem, solvente, técnicas de extração dos princípios ativos, materiais e equipamentos (FALKENBERG, 2007).

2.12 Técnicas de preparação do material vegetal visando a extração das substâncias ativas

Para a análise fitoquímica dos tecidos vegetais, bem como para os testes de atividade biológica, entre eles a atividade alelopática, são necessárias várias etapas para operacionalizar o estudo, cuja breve apresentação se faz nos tópicos posteriores.

2.12.1 Coleta do material vegetal

A primeira etapa da investigação é a coleta do material vegetal. É essencial que se prepare uma exsicata para a identificação botânica e que a seleção do material coletado seja feita com cuidado, evitando coletar partes do vegetal afetadas por doenças, parasitas e também materiais estranhos, tais como outras plantas ou mesmo partes da própria planta que não sejam de interesse para a investigação. Deve-se registrar o local, a hora e a data de coleta, já que o ambiente, a hora do dia

e a época do ano exercem grande influência sobre a produção e o acúmulo dos metabólicos vegetais (ALVES; PAVANI, 1991).

Em geral, as espécies necessitam-se, de épocas específicas para serem coletadas, em que contém maior quantidade de constituintes ativos no seu tecido, podendo esta variação ocorrer tanto no período de um dia como em épocas do ano (MARTINS et al.,1995). O conhecimento do momento correto de coleta de material desejado leva a obtenção de produtos de melhor especificidades e, geralmente, essa variação ocorre em função do estágio em que se encontra a planta, como na plena floração ou no período que anteceda a floração (SEDREZ dos REIS, 2007).

2.12.2 Preparação do material vegetal

A utilização de material vegetal fresco pode ser indispensável para a detecção de alguns componentes específicos, sendo que o seu emprego traz a vantagem de evitar a presença de substâncias oriundas do metabolismo de fenecimento vegetal (FALKENBERG et al., 2007).

Por outro lado, o material deve ser processado imediatamente ou conservado, até a análise, a baixas temperaturas.

Já o emprego de material vegetal seco, que é usado devido à sua maior estabilidade química, exige cuidados especiais, a fim de interromper os processos metabólicos que se efetivam mesmo após a coleta das partes planta (FALKENBERG et al., 2007).

2.12.3 Estabilização e secagem

Geralmente a coleta do material vegetal ocorre distante da execução da análise, portanto o material vegetal deve ser imediatamente tratado, de forma a impedir a ação enzimática e, assim, evitar a alteração dos compostos químicos originalmente presentes nos vegetais. Esta técnica é alcançada pela estabilização, que consiste na desnaturação protéica das enzimas celulares, através da destruição das suas estruturas quaternárias e terciárias, seja pela ação dos agentes desidratantes, tais como etanol, ou por ação do calor (FALKEMBERG et al., 2007). Experimentalmente, isso pode ser conseguido pela imersão do material vegetal em

etanol em ebulição ou por operação de secagem em alta temperatura (acima de 60 °C) e curto tempo de exposição (LIST; SCHMIT, 1989; HARBONE, 1973).

No processo de secagem, o transporte de massa em um meio sólido é amplamente explicado através da Lei de Fick, expressa em termo de gradiente de umidade.

Um dos primeiros estudiosos a interpretar o processo de secagem como um fenômeno difusivo foi Lewis (1921). Sherwood (1939) também confirmou que a difusão interna de um líquido predomina nos mecanismos internos de transferência de umidade. A secagem tem por finalidade a retirada de água e, com isso, impedir reações de hidrólise e de crescimento microbiano. A umidade residual dependerá do tipo de órgão que constitui o material vegetal (BACHI, 1996).

A secagem deve, portanto, ser procedida ao abrigo de luz, em secadores que promovam ambiente limpo, bem ventilado e protegido do ataque de insetos e outros animais (SEDREZ dos REIS et al., 2007).

A geração de aumento artificial de temperatura é de extrema importância. Para a secagem de folhas e flores, a temperatura deve estar em torno de 38°C (SEDREZ et al., 2007), A operação de secagem das plantas devem ser individual, para não haver mistura de elementos voláteis (CORRÊA JUNIOR et al., 1994). O tempo de armazenamento deve ser o menor possível, pois com o passar do tempo podem ocorrer perdas qualitativas ou quantitativas nas substâncias ativas das amostras de tecidos da plantas (PETROVICK et al., 1997).

O processo de secagem caracteriza-se pela exposição e pela temperatura relativamente baixa, normalmente inferior a 60°C, e pelo longo do tempo de contato, em geral em torno de sete dias. A secagem será tanto mais rápida, quanto mais dividido estiver o material vegetal a secar, pois, deste modo, oferecerá uma maior superfície à evaporação.

O material vegetal também deverá ser disposto em camadas finas. A secagem pode ser realizada ao ar livre ou com a utilização de ar quente, em estufa. Evidentemente, a secagem ao ar livre é mais econômica, embora exija maior vigilância para garantir a uniformidade das condições durante a operação. Preferentemente, deve ser realizada à sombra, já que a irradiação solar pode alterar a constituição química do material. O local deverá ser convenientemente seco e protegido contra ataque de insetos ou contaminantes ambientais, e é uma prática usual dispor o material sobre papel para absorção da umidade.

Na secagem por ar quente empregam-se, estufas equipadas com termostato, o que garante a manutenção de uma temperatura constante durante o tempo desejado. É também conveniente deixar escapar o ar da estufa, a fim de evitar a sua saturação com o vapor d'água, que vai sendo desprendido do material a secar. A velocidade com que o ar circula na estufa tem grande importância na obtenção de uma boa secagem, considerando-se que os modelos de estufas providos de um sistema de circulação forçada de ar são mais eficazes. A circulação forçada provoca a renovação constante do ar, removendo o ar saturado de umidade, permitindo que a secagem se processe mais facilmente. A operação de secagem, independente de como é feita, propicia a redução de volume e de peso (PRISTA et al., 1981).

2.12.4 Moagem

Para Falkenberg et al. (2007) e Maciel et al. (2002), a moagem tem por finalidade reduzir, mecanicamente, o material vegetal a fragmentos de pequenas dimensões, preparando-o, assim, para a próxima etapa, a extração. O aumento da área de contato entre o material sólido e o líquido extrator torna mais eficiente a operação. A escolha das dimensões mais apropriadas depende também da textura do órgão vegetal, considerando-se que quanto mais rígidos forem os tecidos, maior será o grau de divisão necessário. A metodologia utilizada para reduzir de tamanho o material vegetal deve ser escolhida conforme as características deste. Uma divisão grosseira pode ser efetuada por seccionamento (tesoura, podões ou facas), por impacto (redução a fragmentos por meio de choques repetidos) efetuado por rasuração (através de raspadores ou processadores de alimento) (FALKENBERG et al., 2007).

A pulverização propriamente dita também pode ser obtida em geral, com a opção do emprego de um intermédio, ou seja, adicionando uma substância estranha que facilita a pulverização do material vegetal, ou de um moinho. Observe-se que há vários tipos de moinhos utilizados para esta etapa (FALKENBERG, 2007; SIMÕES et al., 2004; MATOS, 1998).

Na escolha do tipo de moinho devem ser considerados três aspectos principais, conforme List e Schmidt (1989); Lantz, (1990):

- a) princípio de funcionamento;
- b) características do material vegetal, como dureza, elasticidade e friabilidade;

c) propriedades químicas dos constituintes de interesse.

Essas considerações são importantes para a obtenção de pós com ótimas propriedades tecnológicas. A não observância pode determinar produtos inadequados ou perda de substâncias voláteis ou termolábeis. Para a moagem destas substâncias, existem vários tipos de moinhos como de pinos, jato de ar, de discos, de martelos e facas (LIST; SCHMIDT, 1989; LANTZ, 1990).

2.13 Solventes

Para uma proposta específica de extração a escolha do solvente é certamente um dos problemas principais a ser considerado. Esse agente extrator é, geralmente, um líquido orgânico volátil, que pode ser removido por evaporação, após ter extraído a quantidade de material desejada (PACHÚ, 2007).

Os solventes orgânicos mais comuns utilizados em processos de extração são etanol, metanol, acetona, acetato de etila, clorofórmio, diclorometano, hexano, éter etílico, éter de petróleo e pentano (SONAGLIO et al., 2007). Cada um desses solventes tem uma característica própria de extração que deve ser levada em consideração, além de outras propriedades.

As estruturas histológica das diversas partes de uma planta, possuem características específicas; existem órgãos, como as raízes e os caules, cujos tecidos são compactos ao passo que, em folhas e flores, os tecidos se apresentam com texturas delicadas (PACHÚ, 2007). Com o poder de penetração dos solventes dependem, entre outros fatores, da consistência dos tecidos que formam o material a extrair e é necessário considerar que, quanto mais rígido for o material, menor deve ser sua granulometria (FALKENBERG, 2007; SIMÕES et al., 2004; MATOS, 1998).

Segundo Falkenberg et al. (2007), o solvente escolhido deve ser o mais seletivo possível, uma vez que é devido à seletividade que se pode extrair as substâncias desejadas ou em maior quantidade. Como a seletividade depende da polaridade, o conhecimento do grau de polaridade do grupo de substâncias que se deseja preferencialmente extrair determina a escolha do solvente ou mistura de solventes que mais se aproxima do ótimo de seletividade para aquela extração.

Quando não se conhece previamente o conteúdo do material a ser analisado, pode-se submeter o material vegetal a sucessivas extrações, com solventes de

polaridade crescente, conseguindo-se, assim, uma extração fracionada, em que as diferentes frações contêm compostos de polaridade também crescente (FALKENBERG, 2007; SIMÕES et al., 2004; MATOS, 1998).

Para Falkenberg et al. (2007), as soluções etanólicas ou metanólicas a 80% são empregadas com frequência na extração de praticamente todos os constituintes vegetais de interesse nas análises de alelopatia.

No Quadro 1 são apresentados alguns exemplos de solventes, em ordem crescente de polaridade, mais utilizados e os respectivos grupos de metabólitos encontrados nos diferentes extratos (FALKENBERG, 2007; SIMÕES et al., 2004; MATOS, 1998).

Segundo List; Schmidt (1989); Werner (1993), o solvente ideal deve:

- a) extrair eficientemente as substâncias que se deseja;
- b) ser atóxico e barato e ter ponto de ebulição adequado para evitar a decomposição térmica das substâncias extraídas.

Além disso, convém destacar-se que é importante, no caso dos solventes, que os solutos sejam menos voláteis do que o solvente extrator.

Quadro 1 – Solventes comumente utilizados nos métodos de extração em plantas e grupos de metabólitos (FALKENBERG et AL., 2007).

Substância	Tipos de substância preferencialmente extraída
Éter de petróleo, hexano	Lipídios, ceras, pigmentos, furanocumarinas
Tolueno, diclorometano, Clorofórmio	Bases livres de alcalóides, antraquinonas livres Óleos voláteis, glicosídeos cardiotônicos
Acetato de etila, <i>n</i> -butanol	Flavonóides, cumarinas simples
Etanol, mentol	Heterosídeos em geral
Misturas hidroalcoólicas, água	Saponinas, taninos
Água acidificada	Alcalóides
Água alcalinizada	Saponinas

2.14 Técnicas de extração de constituintes ativos em plantas

A extração é um método muito usado para retirar substâncias de órgãos ou de matrizes onde são originadas e localizadas. A teoria da extração é baseada no

fato de que se uma substância é solúvel em algum grau num solvente, ela pode ser extraída quando a matriz, onde se encontra, é posta intimamente em contato com solvente (PACHÚ, 2007).

Inicialmente, para executar uma extração, deve-se levar em consideração uma série de fatores que interferem nesta operação, tais como as características do material vegetal ou o seu grau de divisão, o meio extrator (solvente) e a metodologia (FALKEMBERG et al., 2004).

Um dos procedimentos mais empregados em fase de inicial de prospecção de atividade alelopática de determinada planta é o uso de extratos brutos. Essa prática é mais frequente em países onde as pesquisas estão em fase ainda bem inicial, com pouca ou nenhuma atividade voltada para o isolamento e a identificação de aleloquímicos, embora se deva reconhecer que, mesmo nos países em que as pesquisas estão mais avançadas, trabalhos com essas características são encontrados (SANTOS et al., 2010).

Em geral, os trabalhos envolvendo essa técnica utilizam extratos de alta polaridade, como os extratos aquosos, hidroalcoólicos ou mesmo metanólicos. O que está por trás desse procedimento é a idéia de que os compostos químicos de alta polaridade possuem também alta atividade alelopática, o que, de alguma maneira, pode refletir o potencial alelopático das espécies doadoras em estudo. Isso, em alguma medida, é verdadeiro, especialmente quando se sabe que os compostos fenólicos possuem alta atividade alelopática e são de alta polaridade, com alguns deles solúveis em água (SANTOS et al., 2010). Entretanto, as plantas produzem vários tipos de metabólitos com diferentes polaridades, sendo alguns de baixa polaridade, outros de média e, finalmente, os compostos químicos de alta polaridade.

Muitos dos aleloquímicos de baixa polaridade possuem alta atividade alelopática, como os monoterpenos, monoterpenóides oxigenados, diterpenos e outros, os quais, quando se exploram apenas os extratos de alta polaridade, são perdidos. Um bom exemplo desses aspectos são os óleos essenciais que são formados, basicamente, por compostos de baixa polaridade; contudo, em estudo de avaliação da atividade alelopática, eles têm evidenciado alta atividade fitotóxica (SANTOS et al., 2010).

O termo extração significa retirar, da forma mais seletiva e completa possível, as substâncias ou fração ativa contida na amostra do tecido vegetal, utilizado,

para isso, um líquido ou mistura de líquidos tecnologicamente apropriados e toxicologicamente seguros (SONAGLIO et al., 2007).

A extração de substâncias ativas de plantas pode ser realizada por inúmeras metodologias extrativas que podem ser clássicas, como maceração, percolação, decocção, infusão, extração contínua a quente (Soxhlet), arraste de vapor, mas também técnicas avançadas como capacetes de pressão com ajuda de microondas, de ultrasom e com fluídos supercríticos (THOMA et al., 2002). De qualquer forma, o método a ser adotado na extração de material biológico deve fornecer o extrato desejado na maior quantidade possível; de modo adicional, tanto quanto possível, o extrato obtido deve encontrar-se livre de contaminantes ou de artefatos e a extração deve ser rápida e econômica.

Neste item é apresentada uma revisão dos dois métodos de extração utilizados para a obtenção dos extratos de *Hovenia dulcis* Thunb., maceração e extração por Soxhlet (percolação).

2.14.1 Maceração

De acordo com Voigt (2000), a maceração é uma operação realizada em recipiente fechado, em diversas temperaturas, durante um período prolongado (horas ou dias), sob agitação ocasional e sem renovação do líquido extrator. Pela sua natureza, não conduz ao esgotamento da matéria prima vegetal, seja devido à saturação do líquido extrator ou ao estabelecimento de um equilíbrio difusional entre o meio exterior e o interior da célula.

A maceração explora o fenômeno de difusão do solvente através do tecido vegetal. Nesse procedimento, o material botânico deve ser dividido em pequenos fragmentos e, às vezes, pulverizado, de modo a provocar um aumento considerável da área oferecida à ação do solvente extrator, que deve ser deixado em contato com o material vegetal por um determinado tempo. É conveniente lembrar que nem sempre a pulverização muito intensa é viável, já que há o risco da formação de uma massa compacta, prejudicando a difusão do solvente.

Em suas modalidades, a maceração pode ser estática ou dinâmica (PACHÚ, 2007). No primeiro caso, o contato do solvente com os fragmentos da planta é feito por um tempo estabelecido e em repouso. No caso da maceração dinâmica, a

mistura em extração é mantida sob agitação, por tempo determinado (VINATORU, 2001).

Em geral, três extrações por maceração são suficientes para que se obtenha uma boa eficiência extrativa, constituindo-se no método de extração mais utilizado (LUQUE DE CASTRO; GARCIA-AYUSO, 1998; SILVA et al., 2009).

Diversas variações conhecidas desta operação objetivam, essencialmente, o aumento da eficiência de extração (SONAGLIO et al., 2007), entre elas:

Digestão: consiste na maceração realizada em sistema aquecido a 40 – 60°C;

Maceração dinâmica: maceração feita sob agitação mecânica constante;

Remaceração: quando a operação é repetida utilizando o mesmo material vegetal, renovando apenas o líquido extrator.

Os principais fatores que influenciam a eficiência de maceração estão vinculados ao material vegetal, ao líquido ou mistura extratora e às condições do sistema, em conjunto (LIST; SCHIDT, 1999).

As drogas vegetais mais indicadas para serem extraídas por maceração são aquelas ricas em substâncias ativas como gomas, resinas e alginatos. Neste caso os líquidos extratores são preferencialmente o etanol e as soluções hidroalcoólicas (SONAGLIO et al., 2007).

2.14.2 Extração em aparelho de Soxhlet (Percolação)

A extração em aparelho de Soxhlet é uma extração a quente, em sistema fechado, sendo um processo utilizado, sobretudo, para extrair sólidos com solventes voláteis, exigindo o emprego de aparelho de Soxhlet. Em cada ciclo da operação, o material entra em contato com solvente renovado; assim, o processamento possibilita uma extração altamente eficiente, empregando-se uma quantidade reduzida de solvente, em comparação com as quantidades necessárias nos outros processos extrativos para se obter os mesmos resultados qualitativos e quantitativos (FALKEMBERG et al., 2004).

Esse processo permite a introdução de solvente puro, continuamente, no reservatório contendo material vegetal moído até um determinado volume, condicionado pela capacidade do extrator. A extração em aparelho de Soxhlet permite que o material vegetal entre em contato com o solvente fresco condensado, oriundo do balão de destilação, a cada ciclo de operação. Quando o líquido extrativo

alcança o nível de refluxo, este é sifonado, retornando ao balão de destilação e carregando consigo os constituintes extraídos. Esta operação é repetida até que a completa extração seja obtida (LUQUE DE CASTRO; GARCIA-AYUSO, 1998; SILVA et al., 2009). Com o uso do Soxhlet, o solvente extrator é continuamente renovado na câmara de extração, por destilação.

A grande vantagem do processo é a pequena quantidade de solvente usado, uma vez que, por ebulição e condensação de seus vapores, o mesmo volume de solvente pode ser reutilizado em estado puro, por um número variado de vezes. A ação é contínua e a extração é efetuada pelo solvente em ebulição ou próximo à temperatura de ebulição, o que torna o processo mais rápido e mais eficiente. Entretanto, uma desvantagem importante relaciona-se ao aquecimento contínuo do extrato, que leva frequentemente à decomposição térmica de substâncias pouco estáveis (ARAGÃO, 2002). Conforme o mesmo autor, este processo é utilizado, sobretudo, para extrair sólidos com solventes voláteis.

Em cada ciclo da operação, o material vegetal entra em contato com solvente renovado; assim, o processamento possibilita uma extração altamente eficiente, empregando uma quantidade reduzida de solvente, em comparação com as quantidades necessárias nos outros processos extrativos, para se obter os mesmos resultados qualitativos e quantitativos (PAULA, 2010).

2.15 Características da espécie *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae)

A espécie *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae), conhecida popularmente como uva-do-japão, cajueiro-japones, banana-do-japão, mata-fome, passa-do-japão, ocorre, naturalmente, entre as coordenadas 25^o e 41^o norte e 100^o, 142^o leste, principalmente, na China, no Japão e nas Coreias. (RIGATTO, 2001).

Em nosso país é cultivada, principalmente na bacia do Rio Uruguai, nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e no sudoeste do Paraná (CARVALHO, 1994). Segundo o mesmo autor, a espécie vem sendo cultivada na Argentina, no Paraguai e no sul do Brasil, principalmente nas regiões de climas Cfa, Cfb e Cwa, de forma isolada ou em pequenos povoamentos. São comuns pequenos plantios de uva-do-japão em propriedades agrícolas, implantados por mudas ou, eventualmente, por semeadura direta no terreno e, como característica da espécie

invasora agressiva, ela invade os espaços das plantas nativas, prejudicando o seu desenvolvimento.

A espécie *Hovenia dulcis* tem, ainda, sido designada botanicamente como *Hovenia inaequalis* DC., *Hovenia dulcis* var. *latifolia* Nakai ex Kimura, *Hovenia dulcis* var. *glabra* Makino. Quanto à etimologia, o nome dado ao gênero *Hovenia* representou uma homenagem a David Hov (1724-1787), senador alemão que ajudou Thunberg a financiar a sua expedição no sul da África, Java e Japão, e quanto à espécie *dulcis*, provém do latim e refere-se ao sabor adocicado dos pseudofrutos (CARVALHO, 1994).

É uma planta heliófila, caducifólia, alcançando alturas de 10 a 15 m, podendo chegar até a 25 m, com copa globosa e ampla. Seu diâmetro médio, à altura do peito, varia entre 20 e 40 cm, podendo chegar a 50 cm. Seu tronco geralmente é reto e cilíndrico, apresentando fuste com até oito metros de comprimento, ramificação dicotômica, com ramos pubescentes, enquanto jovem. Apresenta gemas dormentes subcorticais, rebrotando intensamente da touça, podendo ser manejada por talhadia, com rotações previstas de 10 a 15 anos (RIGATTO et al., 2001).

Possui folhas simples, de disposição alternada, com pecíolo curto e ovadas. A margem superior é glabra, mas é levemente pubescente na margem inferior. Casca externa é lisa a levemente fissurada, pardo-escura a cinza-escura e a casca interna é esbranquiçada.

As suas flores são esbranquiçadas, hermafroditas, de pequenas dimensões e muito numerosas. O fruto é uma pequena cápsula globosa seca, de 6 mm a 7 mm de diâmetro, contendo duas a quatro sementes, que possuem coloração alaranjada ou avermelhada quando recém-colhida, passando para marrom e preta com o tempo.(CARVALHO, 1994).

A polinização é feita principalmente por abelhas. O florescimento ocorre, no Brasil, de agosto a fevereiro, com frutificação entre março e outubro. A queda das folhas registra-se desde abril até o final de agosto. A espécie começa a frutificar entre o 3º e 4º ano (INSTITUTO HORUS, 2006).

A coleta das sementes geralmente é feita na árvore, com podão. A melhor época para a coleta é quando o pseudofruto apresenta-se totalmente maduro, indicando a maturidade das sementes, apresentando em torno de 34000 a 62000 sementes/kg⁻¹ (CARMINATTI; VIANA; VELHO, 1992).

A espécie apresenta regeneração natural intensa por sementes, por isso, ela faz-se presente em muitas matas do sul do Brasil, na Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Araucária) e na Floresta Estacional Semidecidual (JOHNSTONW; SOARES, 1972). Neste caso, normalmente ocorre em clareiras de florestas exploradas. Não raro, desenvolve-se em terrenos baldios e nas proximidades de habitações, formando, por vezes, agrupamentos.

A uva-do-japão apresenta grande plasticidade, crescendo em solos compactos, rasos e pedregosos, desde arenosos até argilosos, excluindo-se aqueles excessivamente úmidos e também os de baixa fertilidade química. No Brasil, a espécie tem crescido melhor em solos de fertilidade média a elevada, bem drenados e com textura franca a argilosa.

Planta heliófila desde o começo de sua existência tolera bem as geadas, exceto as tardias, que ocorrem quando a planta começa a formar folhagem, sobretudo, a partir de agosto. Os frios fortes e prolongados retardam o ritmo de crescimento, em especial, quando plantada em pendentes com exposição sul (CARVALHO, 1994). Esta espécie é também recomendada para enriquecimento de capoeiras ou “leucenais” (povoamentos densos espontâneos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) e, além disso, plantio misto, aos quais se adapta bem e onde não requer derrama artificial (ZELAZOWSKY; LOPES, 1993).

A heterogeneidade entre indivíduos, apresentada em talhões comerciais e em parcelas experimentais, indica a possibilidade de ganhos em produtividade relevantes, através de melhoramento genético. O material genético difundido no Brasil é de origem e base genética desconhecida e o fomento é feito a partir de sementes coletadas em árvores, sem qualquer seleção (CARVALHO, 1994).

De acordo com Stillner et al. (1983), a madeira apresenta alborno e cerne amarelo a castanho-escuro ou vermelho, brilho opaco a mediano, sem cheiro; textura fina homogênea; grã direita, madeira resistente, medianamente tenaz e elástica. Pouco durável em contato com o solo. Madeira fácil de trabalhar, dando superfícies lisas e brilhantes. Apresenta características mecânicas similares às do louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.). Na Argentina, apresenta uma produção volumétrica de até 20 m³/ha/ano em sítio de boa fertilidade química, aos 10 anos. No Brasil, o seu desenvolvimento é bastante variável, atingindo até 30 m³/ha⁻¹.ano. Em conformidade com estudos de Rigatto et al (2001), o seu poder

calorífico é superior a $4534 \text{ Kcal/kg}^{-1}$. Sua madeira é moderadamente pesada. Segundo Carvalho (1994), ela pode variar de 0,50 a $0,72 \text{ gcm}^{-2}$ e, ainda, de acordo com Stillner et al. (1983), entre 0,68 a $0,72 \text{ gcm}^{-2}$.

Seu uso pode dar-se na construção civil, em obras de marcenaria, carpintaria, forro, vigas, caibros, tábuas, assoalho, moirões, tornearia fina, sendo usado na fabricação de móveis, molduras, artesanato, objetos de adorno e laminados. A lenha é considerada de boa qualidade, queimando verde, porém, inexistem dados sobre o seu poder calorífico.

A uva-do-japão é plantada, no sul do Brasil, em pequenos talhões para produção de lenha destinada a secadores de erva-mate e de fumo, fornos etc., sendo uma espécie adequada para produção industrial de pasta para papel. Todavia, as suas fibras curtas limitam a utilização para certos tipos de papel, sugerindo-se estudos adotando uma mistura com fibras longas, visando ao aumento da resistência físico-mecânica.

Estudos fitoquímicos e farmacológicos revelaram o grande potencial medicinal da espécie, tendo sido identificadas, nas folhas, saponinas triterpênicas (YOSHIKAWA et al., 1995; YOSHIKAWA, 1993; YOSHIKAWA et al., 1996) ALVARENGA, 2007) e flavonóides (ALVARENGA, 2007), nas sementes; glicosídeos triterpenóides, diidroflavonóides e diversas saponinas (YOSHIKAWA et al., 1996), em pseudofrutos; glicosídeos triterpenóides, taninos nas raízes e três alcalóides (TAKAI et al., 1973; KENICHI, 1974).

O pedúnculo da uva-do-japão é rico em sacarose utilizada pela fauna silvestre, para alimentação humana e para complementar a alimentação de suínos e aves. Dos seus frutos, podem ser feitos suco, vinho, vinagre e marmelada. Na medicina popular, tem sido utilizada como diurético, antipirético, antiasmático e em doenças do fígado (CORRÊA, 1984; COSTA, 1934; HUSSAIN, 1990; YOSHIKAWA, 1995). Apresenta valor ornamental, devido à sua copa ampla e à intensa floração, sendo indicada para parques, arborização de avenidas e é muito plantada nas margens de rodovias. Porém, é inadequada para arborizar ruas, pois as árvores são muito grandes. Tem interesse apícola, apresentando bom potencial melífero e produzindo pólen e néctar (BARROS, 1960; PIRANI; CORTOPASSO-LAURINO, 1993). Suas folhas possuem 20% de proteína e são apreciadas pelos bovinos. Além disso, principalmente na região central do Rio Grande do Sul e na Campanha, são usadas como forragem, durante a estiagem (CARMINATTI; VIANA, 1992).

Apresenta boa deposição de folhas, auxiliando o enriquecimento dos solos. Porém, observa-se regeneração natural fraca das espécies nativas, devendo-se investigar possível efeito alelopático (CARVALHO, 1994).

A uva-do-japão é pouco afetada por pragas, inclusive por formigas, que praticamente não a danificam. Os coleópteros cerambicídeos *Oncideres dejeani* e *Oncideres saga* (serradores ou aneladores) danificam árvores jovens, alimentando-se da casca dos galhos finos e pecíolos das folhas; as larvas desenvolvem-se nos caules e galhos serrados (PIRANI; CORTOPASSO-LAURINO, 1993).

2.16 Características da espécie *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae)

A *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae), espécie conhecida popularmente como angico-vermelho, angico-verdadeiro e angico-do-banhado, chega a medir de 20 a 35 metros de altura com 60 a 120 cm de diâmetro, na idade adulta, que ocorre em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, até o Rio Grande do Sul, porém é muito mais frequente nos Estados sulinos, na mata latifoliada semidecídua da bacia do Paraná. A conservação de recursos genéticos desta espécie encontra-se na lista daquelas que correm perigo de extinção (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2002).

Apresenta ramificação dicotômica irregular ou simpodial, copa corimbiforme alta e ampla, com folhagem densa verde-escura. Arvoreta a árvore comumente semidecidual, mas existem exemplares perenifólios; casca com espessura de até 30 mm, externa de cor marrom-escura a castanho-avermelhada ou castanho-ocre, com leves fissuras, pouco aderidas, que se desprendem em placas de até 10 cm de comprimento e que permanecem parcialmente aderidas à casca interna pela parte superior; é indiferente às condições físicas do solo, crescendo em altitudes de até 800 m, penetrando, portanto, nas matas de pinhais, sendo mais frequentes em matas abertas e menos densas e, principalmente, nas associações secundárias mais evoluídas (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2002).

As folhas são compostas paripinadas, com três a nove pares de pinas opostas; cada pina com doze a 30 pares de folíolos; folíolos sésseis, de 10 mm de comprimento e 2 mm de largura, linear-falcados, com nervura principal submarginal;

pecíolo com até 4 cm de comprimento, com glândula peciolar grossa, séssil, alongada e uma a duas glândulas menores, redondas, entre os pares apicais.

Apresenta flores hermafroditas, de coloração verdosa-amarelada, de 2 a 5 mm de comprimento, numerosas, reunidas em espigas axilares e apicais, cilíndricas, com 4 a 10 cm de comprimento, sobre pedúnculos de 1 cm (LIMA, 1985). A floração ocorre entre outubro e dezembro.

O fruto é um legume típico articulado, plano, deiscente; as valvas abrem-se desde o ápice até a porção média, permanecendo o resto unido pela sutura; de consistência subcoriácea e de coloração pardo-avermelhado-escuro, com 6 a 15 cm de comprimento e 1,5 a 2 cm de largura, com margens irregularmente contraídas, apresentando a ponta prolongada em acúmulo de 1 cm de comprimento; estípite com 7 a 10 mm de comprimento (LIMA, 1985). A maturação dos frutos ocorre durante o período de junho – julho (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2002) A semente apresenta tegumento de cor róseo-clara, com 7 a 15 mm de comprimento e 12 a 15 mm de largura, lisa, brilhante, muito comprimida lateralmente, plana, ovado-orbicular, medindo 7 a 13 mm de comprimento e 13 a 15 mm de largura, geralmente com um pequeno funículo aderente, de 2 a 5 mm de comprimento, circundada por estreita ala membranácea, que se rompe com facilidade, deixando transparecer o embrião. Cada fruto contém de três a doze sementes, dispostas uma só série, não sobrepostas. Produz, anualmente, grande quantidade de sementes viáveis, sendo que, em um quilograma, contém aproximadamente 38.600 sementes (LORENZI, 2002).

A madeira apresenta massa específica aparente da madeira do angico-vermelho é densa (0,75 a 1,00 gcm⁻³), a 15% de umidade (PEREIRA; MAINIERI, 1957; CELULOSA ARGENTINA, 1973; MAINIERI e CHIMELO, 1989; JANKOWSKY et al., 1990), sendo que a sua massa específica básica situa-se entre 0,54 a 0,69 gcm⁻³ (SILVA et al., 1982). Quanto à cor, o alburno é de coloração branca-amarelada e o cerne castanho ou castanho-amarelo, escurecendo para o castanho-avermelhado. São, além disso, observadas características gerais como superfície irregularmente lustrosa; textura média a grosseira; grã direita a irregular, enquanto que o seu cheiro é imperceptível e sabor levemente adstringente. No que se refere à durabilidade natural, apresenta madeira de alta durabilidade, em condições favoráveis ao apodrecimento (SILVA et al., 1982).

No caso de semeadura, recomenda-se semear duas sementes em sacos de polietileno, com dimensões mínimas de 20 cm de altura e 7 cm de diâmetro, ou em tubetes de polipropileno de tamanho médio, entre 0,5 a 1 cm de profundidade (DIAS et al., 1980; MARCHETTI, 1984). A repicagem deve ser efetuada entre uma a duas semanas após a germinação, ou quando as plântulas atingirem 3 a 4 cm de altura (ALCALAY et al., 1988). Durigan et al. (1997) mencionam que as plântulas desta espécie não reagem bem à repicagem. Desde tenra idade, a muda apresenta raiz pivotante acentuada, em relação às secundárias ou laterais; sua germinação é epígea, com início entre três e 40 dias após a semeadura. O poder germinativo é alto (até 100%) com média de 70%. As mudas atingem porte adequado para plantio, cerca de cinco meses após a semeadura. Mudas superiores a 40 cm de altura são de difícil pega campo.

Segundo Durigan et al. (1997), as mudas ficam prontas em cerca de seis meses e não devem ser mantidas muito tempo em viveiro, pois a mortalidade de mudas grandes costuma ser alta. Em Minas Gerais e no Rio Grande do Sul, recomenda-se o uso de mudas em raiz nua, para o plantio (AMARAL e ARALDI, 1979). É recomendado ainda o uso de serragem e sepilho para proteção de canteiros de semeadura (BIANCHETTI; RAMOS, 1981; RAMOS et al., 1983).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local da coleta do material

A coleta das plantas doadoras (*Hovenia dulcis*) e aquisição das sementes da espécie receptoras (*Parapiptadenea rigida*) foi realizada em Santa Maria situada no Estado do Rio Grande do Sul é o município onde está localizada a Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária-Floresta (FEPAGRO- Floresta), onde ocorreu a coleta do material morfológico da espécie *Hovenia dulcis* (Figura 1). Encontra-se entre as coordenadas geográficas de 29° 41' 08" de latitude Sul e 53° 48' 42" longitude Oeste, altitude entre 90 a 135 m. Situa-se na região fisiográfica da Depressão Central, próxima à zona denominada de Rebordo do Planalto Meridional Figura 1.

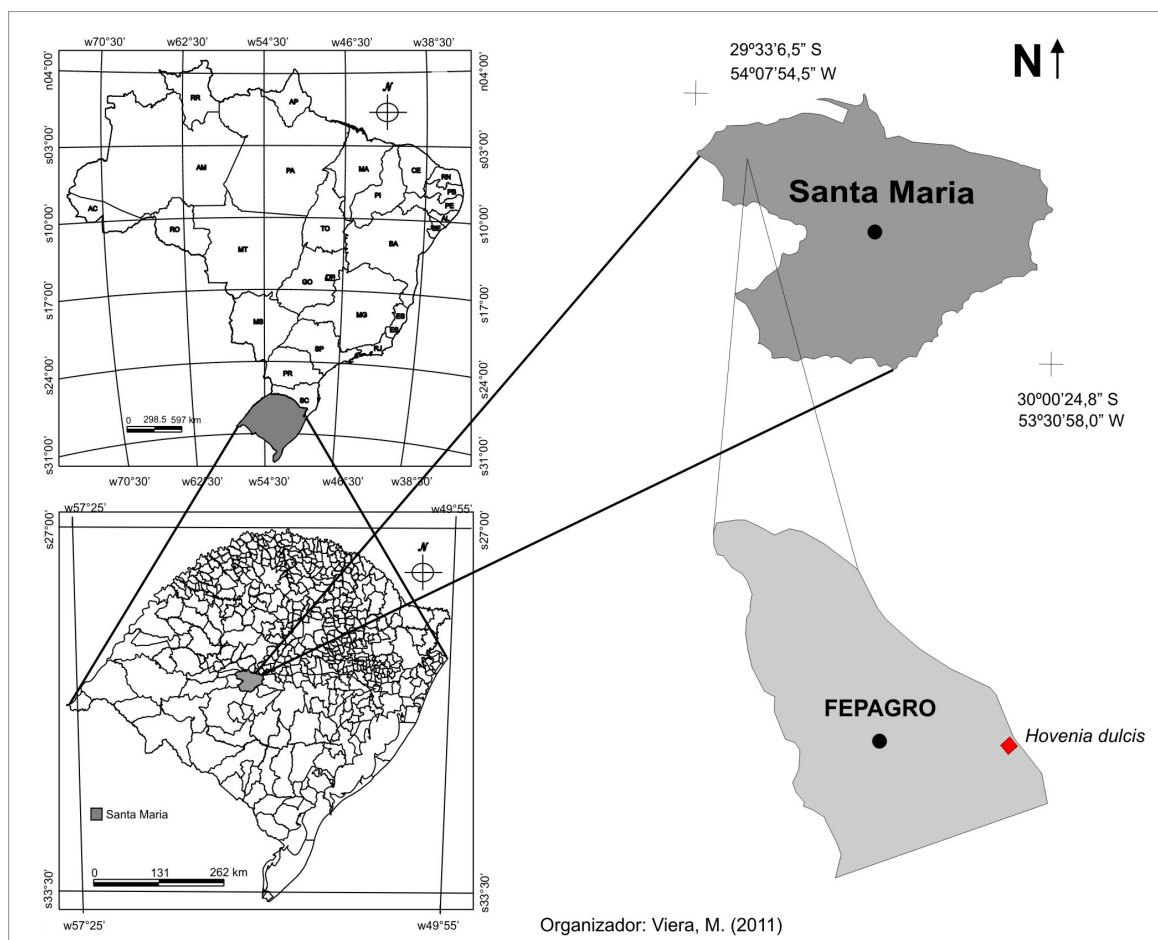


Figura 1 – Localização da área de coleta de material de *Hovenia dulcis* Thunb.– FEPAGRO-Florestas. Santa Maria, RS.

A FEPAGRO/Floresta está distante 10 km de Santa Maria, localizada sob as coordenadas geográficas de 29° 40' 19" (latitude Sul) e 53° 54' 03" (longitude Oeste). A altitude média da área é de 120 m, e o clima predominante, segundo a classificação de Köppen, corresponde àquele de Santa Maria, ou seja, é do tipo Cfa, com as temperaturas médias do mês mais frio entre -3°C e 18°C, e do mês mais quente superior a 22°C. A precipitação pluviométrica é de 1700 mm e, distribui-se regularmente durante todo o ano. O maior número de dias com geada ocorre nos meses de junho e julho (MALUF, 2000).

A temperatura média anual de 18°C, com média máximas do mês mais quente 32°C e das mínimas do mês mais frio de 9°C e apresenta solos arenosos (ABRÃO et al., 1988).

3.2 Obtenção do material morfológico

Para a realização do trabalho foram utilizadas duas espécies florestais. Uma espécie exótica como planta doadora, *Hovenia dulcis* Thunb., e uma espécie nativa como planta receptora *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. A espécie *Hovenia dulcis* foi escolhida como planta doadora, por tratar-se de uma espécie exótica, invasora, e que pode ser classificada como um biocontaminante. Já a espécie *Parapiptadenia rigida*, foi eleita como alvo, por ser nativa e de ocorrência frequente na floresta estacional do Rio Grande do Sul e Santa Catarina tendo como principais características a conservação de recursos genéticos e encontra-se na lista daquelas que correm perigo de extinção (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2002).

A espécie doadora (Figura 2, A, B, C, D e E) foi identificada pela comparação com uma exsicata de *Hovenia dulcis* Thunb., existente no Herbário do Departamento de Ciências Florestais (HDCF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) .



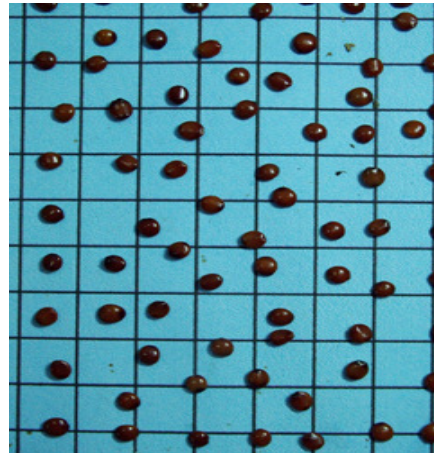
(A) Exemplar adulto



(B) Inflorescências



(C) Pseudofrutos



(D) Sementes



(E) Casca/tronco

Figura 2 – *Hovenia dulcis* Thunb.: (A) Exemplar adulto; (B) Inflorescências; (C) Frutos; (D) Sementes; Casca/tronco (E).

As sementes da planta alvo de *Parapiptadenea rigida* foram adquirida do setor de sementes do laboratório da FEPAGRO/Floresta do lote 57/09. Principais características das sementes deste lote: procedência; Santa Maria, RS, data de coleta; 26/05/2009, data do início das análises; 09/09/2009, término das análises; 17/09/2009. Resultados nas análises: pureza; 97,90%, umidade; 13,33% peso de mil sementes (PMS); 31,130 g, porcentagem de germinação normais; 98% e número de sementes viáveis /kg; 30820 sementes (Figura 3 A, B, C e D).



(A) Exemplar adulto



(B) Flores e inflorescência



(C) Folhas e frutos



(D) Sementes

Figura 3 – *Parapiptadenea rigida* (Benth.) Brenan: (A) Exemplar adulto; (B) Flores e inflorescências; (C) Folhas e Frutos; (D) Sementes.

Todos os caracteres morfológicos da planta doadora foram obtidos em um plantio com 2,8 ha, com espaçamentos de 5 x 5 m., com 25 anos e plantas com

regeneração natural com três anos de idade. As amostras foram retiradas de plantas em duas classes de desenvolvimento, jovens (regeneração) e adultas, e em diversas alturas e diâmetros. A respeito da biologia reprodutiva de *Hovenia dulcis*, Carminatti e Viana (1992) testando sementes de três estratos de matrizes portaseementes, observaram que a frutificação inicia entre 3-4 anos no Estado do Rio Grande do Sul. Para diferenciar as classes de desenvolvimento de indivíduos jovens e adultos de *Hovenia dulcis*, foi considerado o indivíduo adulto após sua primeira frutificação.

A coleta do material vegetal para os bioensaios (folha, pseudofruto, semente, casca e raiz) foi feita com auxílio de um podão, em altura na posição média das copas e exposição norte, indicada como a melhor posição de coleta (BIONDI; REISSMANN, 1992). Para a amostragem do sistema radicular, foi demarcado, ao lado da árvore selecionada, um retângulo com superfície igual a um quarto ($1,5 \text{ m}^2$) da área útil de cada árvore. A manta orgânica desta área foi retirada para a obtenção das raízes, com auxílio de rastelo com dentes duplos, podões, tesouras e pá, sobre a superfície do solo como também nas camadas de 0-10 cm, conforme método descrito por Faria et al. (2002).

Cada amostra foi composta do material vegetal pertencente a cinco árvores matrizes de cada classe de desenvolvimento (jovens e adultas) coletada na época de primavera, com material gerado no início da mesma estação. A coleta de material verde de *Hovenia dulcis*, foi realizada em três ocasiões. Em 30/09/2007, foi coletado material de plantas jovens e adultas em plantios com espaçamento de 5m x 5m, constituído por folhas e raízes (grossa, médias e finas; em 28/10/2007, foram coletadas as cascas do tronco, jovens e adultas e, em 01/06/2008, os pseudofrutos com as sementes. Amostra botânica foi obtida, acondicionada em saco plástico, sendo devidamente identificada e, imediatamente, levada ao laboratório, onde foi confeccionada uma exsicata.

3.3 Laboratórios, equipamentos e materiais usados na pesquisa

Os equipamentos necessários para a execução deste trabalho foram disponibilizados pelos Laboratórios de Entomologia, Ecologia Florestal, Extrativos Vegetais, Silvicultura e Fitopatologia, pertencentes à UFSM. Após o material ter sido

coletado, foi encaminhado ao laboratório de Fitoquímica para obtenção dos extratos por métodos de maceração e percolação.

Da maneira em que foi sendo desenvolvido o estudo, foram necessários os seguintes equipamentos e materiais: podão de altura para material vegetal, sacos de polietileno, etiquetas, evaporador rotatório R-210 marca BUCH (Figura 4), moinho tipo *Willey* (Figura 5), ultrassom (Figura 6), aparelho de soxhlet (Figura 7), frascos de vidro âmbar com 100 e 250 ml para armazenamento dos extratos e frascos de vidro com 1000 ml para a maceração, substratos mata-borrão recortados em discos (Figura 8), dessecadores, vazador de 20 mm, recipientes transparentes com tampa (recipientes para cultura de tecidos), medindo, 8,5 x 11 x 2,0 cm com 12 e 24 células espaçadas com diâmetros de 17 e 22 mm (Figura 9 e 10), caixas gerbox 11,0 x 11,0 x 4,0 cm bandejas plásticas 50 x 49 x 9 cm, substratos de vermiculita e Planta-Max®, micropipeta monocanal tipo Eppendorf Repeater Pipette 4780 com capacidade de 2,5 ml, autoclave, etanol destilado ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) p.a. 95% como solvente, balança analítica com precisão de 0,0001g. (AND, modelo HR-200), prancheta com escala milimetrada, lupa, máquina fotográfica digital, pHgmetro, câmara climatizadas tipo BOD (BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND) e vidrarias usuais de laboratório



Figura 4 – Evaporador rotatório



Figura 5 – Moínho tipo *Willey*



Figura 6 - Ultrason



Figura 7 – Soxhlet de cartucho



Figura 8 - Substratos em disco com 21 mm



Figura 9 – Recipiente com 12 células

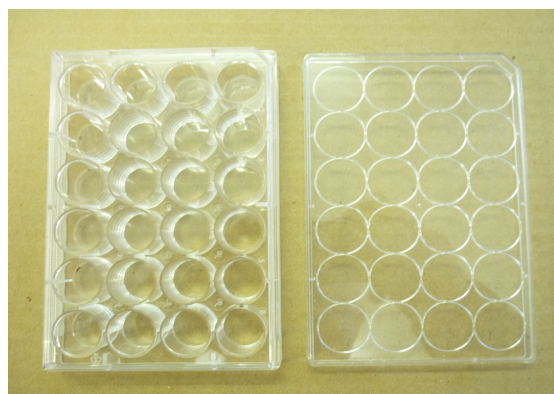


Figura 10 – Recipiente com 24 células

3.4 Bioensaios ou biotestes de alelopatia

3.4.1 Preparo dos extratos brutos etanólicos

A separação dos diferentes caracteres macromorfológicos da espécie doadora foi feita com o intuito de analisar separadamente o efeito alelopático dos constituintes de diferentes órgãos vegetais coletados a campo, uma vez que foi descrita na literatura que existe variação na composição química nos órgãos vegetais analisados. Diferenças nas respostas alelopáticas de compostos de diferentes órgãos de uma mesma planta também foram registradas com *Chenopodium ambrosioides* L. (JUAN JIMENEZ-OSORNIO et al., 1996), *Artemisia absinthium* L. (DELACHIAVE et al., 1999) e *Triticum aestivum* L. (WU et al., 2000).

Friedman (1995) afirmou que a quantidade de aleloquímicos e sua liberação pelos órgãos da planta são variações que ocorrem de espécie para espécie. Segundo Pinã-Rodrigues e Lopes (2001), os extratos de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. não afetaram a percentagem de germinação, porém, os mesmos extratos reduziram a velocidade de germinação de sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia alba* (Cham.) Sandwith).

As amostras foram obtidas a partir dos extratos brutos etanólicos, utilizando o material verde e seco de *Hovenia dulcis*. Após a coleta, o material vegetal foi separado em várias partes distintas como folha, pseudofruto, semente, casca e raiz, tanto de indivíduos adultos como jovens, para os métodos de extração. Parte do material verde foi levada ao Laboratório de Entomologia, onde foi colocado em estufa para secagem, a uma temperatura de 40°C, até atingir o peso constante. Após a secagem, o material foi levado ao Laboratório de Ecologia Florestal para moagem em moinho de facas tipo *Willey*, com seis micra de diâmetro (Figura 5).

O material vegetal pulverizado foi conduzido para o Laboratório de Fitoquímica para obtenção do líquido extrativo pelo método de percolação a quente. Neste método foi utilizado o equipamento de *Soxhlet* (Figura 7), seguindo a metodologia adaptada de Costa e Piña Rodrigues (1997). O restante do material verde coletado também foi encaminhado ao Laboratório de Extrativos Vegetais para obtenção do líquido extrativo pelo método de maceração. Após a obtenção dos extratos por dois diferentes métodos extrativos, procedeu-se a sua concentração utilizando evaporador rotatório.

3.4.2 Métodos de extração

3.4.2.1 Método de extração por maceração

Para mimetizar a dissolução dos metabólitos secundários presentes em *Hovenia dulcis* da forma mais aproximada possível em relação ao que ocorre no ambiente, a água seria o solvente mais indicado. No entanto, extratos aquosos são um meio ideal para proliferação de microrganismos, entre eles os fungos, que também produzem metabólitos secundários em grande quantidade. No caso da obtenção de extratos aquosos, estes deveriam sofrer liofilização imediatamente após seu preparo.

No entanto, como este processo de secagem tem alto custo, optou-se pela escolha do etanol para a extração, uma vez que este solvente pode ser facilmente removido através do evaporador rotatório. Além da facilidade de remoção/evaporação, também foi considerada a polaridade, que no caso específico da atividade alelopática de *Hovenia dulcis* deve ser a mais próxima possível da água. Este é o caso do etanol, além do metanol. No entanto, o último apresenta um alto custo em relação ao etanol, além de apresentar uma toxicidade bem mais elevada.

Portanto foi usado o solvente etanólico para a extração tanto no método de maceração como na percolação. Os extratos etanólicos por maceração foram extraídos dos tecidos de plantas jovens e adultos, de folhas, pseudofrutos, sementes, casca e raiz, para os bioensaios de germinação e crescimento. Em virtude dos resultados obtidos nos testes de germinação e crescimento inicial somente não foi testado o extrato de folhas jovem maceração devido à indisponibilidade de material.

O material coletado foi processado no laboratório de Fitoquímica, pertencente ao Departamento de Farmácia Industrial. O material vegetal foi processado ainda verde, sendo dividido e colocado em frascos de vidro âmbar devidamente identificado e com peso previamente determinado.

Todos os frascos foram preenchidos com as partes da planta picadas e novamente pesados, sendo a massa vegetal obtida pela subtração do peso do frasco. Na seqüência, foi adicionado etanol p.a 95% destilado, em volume suficiente para cobrir o material vegetal.

Os frascos foram agitados uma vez por dia durante um minuto em três oportunidades de sete dias para uma melhor interação etanol-planta, visando o aumento na efetividade do processo extrativo. Após sete dias de maceração, o líquido extrativo foi filtrado com auxílio de um funil de vidro funil de Büchner e algodão, sendo repostado (retornando) o mesmo volume de etanol colocado na 1ª maceração. O mesmo processo foi repetido mais duas vezes, após esse procedimento os frascos e a massa de planta foram descartados em lixo apropriado para material contaminado.

Os líquidos extrativos resultantes da primeira, segunda e terceira macerações foram reunidos e o extrato foi concentrado em um evaporador rotatório (Evaporador rotatório R-210) marca BUCH (Figura 4), após colocado em balões com peso previamente determinado, O aparelho teve a pressão ajustada para etanol (aproximadamente 175 mbar à temperatura de 40°C e 90 rpm.) sendo que a mesma era regulada conforme a necessidade, para otimizar a evaporação.

Após, o líquido extrativo de cada órgão vegetal ser concentrado, os balões foram colocados em dessecadores com sílica ativada, para que fosse retirada a umidade restante. Esta foi retirada para possibilitar a determinação do rendimento do extrato seco de cada parte da planta, em relação à massa de material vegetal extraído.

Os balões, após serem colocados nos dessecadores, foram pesados periodicamente, sendo a sílica na oportunidade colocada para ativar em estufas na temperatura de 100°C. Devido à demora para a secagem até peso constante, os balões foram levados ao Laboratório de Química Orgânica, onde foi aplicado pentóxido de fósforo, sendo eliminada a umidade residual. Em seguida os extratos foram colocados em frascos âmbar e armazenados em geladeira. A partir o extrato bruto (100% de concentração), de cada órgão, foram feitas as diluições com etanol a 95% nas concentrações desejadas em 75%, 50% e 25%.). A parte aquosa resultante servirá de extratos para os bioensaios de germinação e crescimento inicial da espécie receptora.

O efeito destas quatro concentrações foi comparado com o da água destilada, considerada como controle (0%). Após o preparo dos extratos, fez-se determinação do pH.

3.4.2.2 Método de extração por percolação a quente

Neste método os caracteres morfológicos foram embalados em sacos de papel passando por processo de secagem em estufa com circulação de ar forçada a temperatura de 40°C, até atingir peso constante. Em seguida, foram triturados em moinho tipo *Willey*, obtendo-se as quantidades necessárias de todos os caracteres para a obtenção do extrato bruto. O material seco e moído foi conduzido novamente ao Laboratório de Extrativos Vegetais, onde foi acondicionado em frascos de vidro âmbar para evitar a umidade. Posteriormente, foram confeccionados cartuchos de papel filtro, onde foi acondicionado o material vegetal. Após a transferência do cartucho contendo o material vegetal para o interior do aparelho de Soxhlet, este foi conectado a um balão de fundo redondo. Como solvente extrator também neste caso foi utilizado etanol p.a 95% destilado. O balão conectado ao aparelho de Soxhlet foi aquecido sob refluxo, até o esgotamento total do material vegetal.

O material vegetal foi processado ainda fresco, sendo dividido e colocado em frascos de vidro âmbar de 1000 ml, os quais foram devidamente identificados, e com pesos previamente determinados. Todos os frascos foram preenchidos com as partes da planta picadas e novamente pesados, sendo a massa vegetal obtida pela subtração do peso do frasco. Na seqüência, foi adicionado etanol p.a 95% destilado, em volume suficiente para cobrir o material vegetal.

Os frascos foram agitados uma vez por dia, durante um minuto. Após sete dias de maceração, o líquido extrativo foi filtrado com algodão com auxílio de um funil de vidro tipo Büchner, sendo recoberto com o mesmo volume de etanol destilado colocado na primeira maceração. O mesmo processo foi repetido mais duas vezes. Após esse procedimento, os frascos e a massa de planta foram descartados em lixo apropriado para material contaminado.

Os líquidos extrativos resultantes da primeira, segunda e terceira macerações foram reunidos e o extrato foi concentrado em um evaporador rotatório, depois de colocado em balões com peso previamente determinado.

Os extratos obtidos dos diferentes órgãos vegetais e pelos dois métodos anteriormente citados foram concentrados em evaporador rotatório. O aparelho teve a pressão ajustada para etanol (aproximadamente 175 mbar. à temperatura de 40°C e 90 rpm.), sendo que a mesma também era regulada conforme a necessidade, para otimizar a evaporação.

Após, a concentração dos extratos, os balões contendo os resíduos foram transferidos para dessecadores de vidro com sílica ativada em estufa na temperatura de 100°C para retirada da umidade restante, possibilitando a determinação do rendimento final do extrato seco de cada parte da planta em relação à massa do material vegetal extraído. Devido à demora para a secagem até o peso constante, os balões foram levados ao Laboratório de Química Orgânica, onde foi aplicado pentóxido de fósforo, sendo eliminada a umidade residual. Os extratos secos foram retirados dos balões com auxílio de espátula e, em seguida, transferidos para frascos âmbar identificados e armazenados em geladeira, até o momento dos testes de avaliação da atividade alelopática.

3.5 Bioensaio de germinação (G%)

3.5.1 Variáveis analisadas

Neste bioensaio foram avaliados os efeitos da germinação, índice de velocidade de germinação e o desenvolvimento das radículas e hipocótilos de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico-vermelho).

3.5.2 Metodologia

Os tratamentos definidos para essas variáveis foram às diferentes concentrações do extrato de *Hovenia dulcis* Thunb. (uva-do-japão), Os extratos etanólicos obtidos por dois métodos de extração; maceração e percolação dos tecidos de plantas jovens e adultos, de folhas, pseudofrutos, sementes, casca e raiz, considerando da seguinte forma: delineamento inteiramente casualizado, quatro repetições de 24 sementes (uma por célula), quatro concentrações (25, 50, 75 e 100%) e mais o grupo controle Portanto, todos os tratamentos e mais o grupo controle, foram determinados da seguinte forma:

T1 = Concentração 0% (testemunha);

T2 = Concentração de 25%

T3 = Concentração de 50%;

T4 = Concentração de 75%;

T5 = Concentração de 100%.

Os recipientes usados para germinação e crescimento inicial baseou-se nos resultados obtidos por Araldi et al. (2010), que testaram germinação de *Schinus terebenthifolius* Raddi. em caixas plásticas transparentes com fundo chato com tampa, medindo 8,5 x 11 x 2,0 cm com diversos diâmetros e números de células espaçadas.

Das diferentes condições avaliadas, foram utilizadas neste trabalho aquelas que se mostraram mais favoráveis ao desenvolvimento das sementes, ou seja, recipientes com 12 células espaçadas com diâmetro de 22 mm (caixa para cultura de tecido) e substratos em discos. Foram necessários 300 recipientes, sendo o bioensaio realizado em duas etapas, utilizando-se 3600 unidades de substratos em disco e 3600 sementes em torno de 250 g de *Parapiptadenia rigida*.

Os recipientes foram forrados com substratos em discos de papel mata-borrão com 1,0 mm de espessura, recortados em discos por meio de um vazador de 22 mm, previamente autoclavado por 20 minutos a 120 °C.

Em continuidade, foram colocados os substratos nos recipientes. Depois de colocados os substratos em cada célula dos recipientes, por meio de uma pipeta, os substratos foram umedecidos com os extratos em diferentes concentrações, correspondentes aos diferentes tratamentos. Na sequência, as caixas plásticas sem as sementes foram conduzidas para estufas a 35°C por 24 horas para total evaporação do solvente, utilizado na preparação das diluições, dos substratos. O grupo controle foi impregnado apenas com água destilada, conforme metodologia descrita por Gatti et al. (2004); Periotti (2004).

Conforme Brasil (2009) para o cálculo da quantidade de água a ser adicionada para umedecer os substratos é considerado o volume em água (ml) o que representa o peso de substrato 2,5 – 3,0. Assim os substratos foram embebidos com 0,302 ml/célula com extratos de todos os tratamentos e concentrações, previamente calculado na quantidade equivalente a três vezes a média da massa dos substratos secos, pesados em balança de precisão (0,0001). Após 24 h, os recipientes foram retirados das estufas e preparados para a sementeira. Previamente foi realizada a assepsia das sementes da espécie receptora (*Parapiptadenia rigida*) com hipoclorito de sódio 2%.

Após a sementeira nas células dos recipientes, estes foram irrigados com água destilada, com volume de 0,302 ml/célula e, imediatamente, foram transferidas para câmaras climatizadas tipo BOD com fotoperíodo de 12 h, com isothermal em 25

$\pm 2^{\circ}\text{C}$ e irradiância de $45 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, munidas de um recipiente com água para manter elevada a umidade. A germinação foi monitorada diariamente, a cada 24 h durante cinco dias.

O experimento foi considerado concluído quando a germinação foi nula nas quatro repetições por duas contagens consecutivas, ou seja, no quinto dia, o que justifica a variação no número de dias apresentado no experimento. A protrusão radicular para todos os quatro tratamentos e nas quatro repetições ocorreu entre o primeiro e o segundo dia após a semeadura. No quinto dia, foram retirados os recipientes dos germinadores e realizada a contagem da germinação como também registros sobre a aparência das plântulas tratadas, índice de velocidade de germinação, biometria do hipocótilo e radícula.

Para a obtenção dos objetivos específicos na germinação foram comparados os resultados das variáveis acima citadas, calculando-se a porcentagem de germinação (G%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e as medidas do hipocótilo e radícula

3.5.3 Cálculo da germinação (G%)

Para o cálculo da porcentagem de germinação (G%), após a leitura dos resultados, estes foram transformados em arco seno ($\sqrt{\%}/100$), conforme proposto por Labouriau (1983). As sementes germinadas foram contabilizadas no 5º dia, considerando-se a porcentagem de sementes germinadas em relação ao número de sementes dispostas a germinar nas condições dos experimentos, em que Σ_{nj} é o número total de sementes germinadas em relação ao número de sementes dispostas para germinar (N). Os resultados são expressos em porcentagem, conforme a equação:

$$\mathbf{G\% = (\Sigma_{nj} . N^{-1}) . 100}$$

3.5.4 Cálculo do Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Para o cálculo do índice de velocidade de germinação, segundo Maguire (1962), foram feitas contagens diárias, contabilizando as plântulas normais e anormais até o quinto dia após a semeadura. Este índice foi expresso sem unidade, conforme a equação:

$$IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n, G_1 G_2 \dots G_n$$

3.5.5 Cálculo das medidas do hipocótilo e radícula

Após o cálculo da germinação e índice de velocidade de germinação, foram feitas as medidas biométricas das variáveis hipocótilo e radícula. Mediu-se o comprimento dos hipocótilos e das radículas para determinação da porcentagem de inibição da germinação. Para a obtenção dos parâmetros biométricos do comprimento, foram realizadas medições das zonas de diferenciação entre radícula/hipocótilo (considerando a distância dos cotilédones da plântula até o ápice meristemático do sistema radicular). As avaliações foram efetuadas no término do experimento, no 5º dia, quando as plântulas foram retiradas, uma a uma, para as medidas do hipocótilo e radícula em pranchetas com régua milimetrada. Os resultados são calculados em centímetros (BENINCASA, 1988).

3.6 Bioensaio de crescimento inicial

3.6.1 Variáveis analisadas

Neste bioensaio, foi analisado o crescimento do hipocótilo, da radícula e a massa seca do hipocótilo e radícula das plântulas cultivadas de *Parapiptadenea rigida*.

3.6.2 Metodologia

Os tratamentos definidos para essas variáveis foram às diferentes concentrações do extrato de *Hovenia dulcis* Thunb. (uva-do-japão), Os extratos etanólicos obtidos por dois métodos de extração; maceração e percolação dos tecidos de plantas jovens e adultos, de folhas, pseudofrutos, sementes, casca e raiz, considerando da seguinte forma: delineamento inteiramente casualizado, quatro repetições de 10 sementes (uma por célula), tres concentrações (25, 50 e 100%) e mais o grupo controle dos extratos obtidos a partir dos caracteres morfológicos jovens e adultos, através de dois métodos de extração (maceração e percolação).

Portanto, todos os tratamentos e mais o grupo controle, foram determinados da seguinte forma:

T1 = Concentração 0% (testemunha);

T2 = Concentração de 25%;

T3 = Concentração de 50%;

T4 = Concentração de 100%.

Para testar a interferência dos metabólicos secundários sobre o crescimento inicial, foram utilizados os extratos provenientes do mesmo material botânico e os mesmos métodos de extração anteriormente descritos, em quatro repetições, com três tratamentos nas concentrações de 100, 50, 25%, mais o grupo controle, com 10 plântulas por recipiente. Inicialmente, foi realizada a assepsia das sementes com hipoclorito de sódio 2%.

A metodologia utilizada para a obtenção das plântulas foi usado recipientes bandejas plástica, medindo 40 x 50 x 10 cm, cobertas com plástico transparente e forradas com substrato de papel mata-borrão na medida das bandejas, previamente autoclavadas por 20 minutos a 120 °C.

Para os experimentos foram utilizadas 45 caixas gerbox, 90 recipientes de 8,5 x 11 x 2 cm, contendo dois tipos de substratos: 1080 g de vermiculita e 720 g de Plant Max®. A partir da dissolução dos extratos etanólicos brutos na concentração de 100% foram obtidas as concentrações a 50% e 25%, as quais foram comparadas com o grupo controle (0%).

Para obtenção das plântulas cultivadas de *P. rigida* no crescimento, iniciou-se o ensaio de germinação, umedecendo com água destilada o substrato e colocando as sementes nas bandejas, mantidas em câmara climatizada tipo BOD, com fotoperíodo de 12 h, com isotermal em $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e irradiância de $45 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Neste período, ocorreu a germinação em 36 hs, no tempo em que a protrusão das raízes alcançou 1 mm, o tamanho ideal para o transplante neste experimento.

O substrato usado no desenvolvimento das plântulas foi preparado na proporção de 60% de vermiculita e 40% de Plant-Max®, o qual foi previamente autoclavado por três vezes de 40 minutos a 120 °C. Esta mistura dos substratos vermiculita e Plant-Max® foram utilizadas para a melhor fixação das plântulas nos recipientes, usados geralmente em testes de germinação.

Para a determinação da quantidade exata dos extratos a ser utilizada, após a mistura dos dois substratos, foram pesados 24 g de vermiculita mais 16 g de Plant-

Max®, totalizando 40 g por caixa de gerbox, para cada tratamento calculado na proporção de três vezes a média do peso dos substratos resultando 1 g do extrato vezes a massa do substrato totalizando 3 g. de extratos por célula. A seguir, foram umedecidos os substratos com extrato através de uma micro-pipeta monocanal de todos os tratamentos colocados os substratos na quantia equivalentes a 40 g em caixas gerbox já identificadas (padronizadas pela RAS), medindo 11 x 11 x 4 cm, após foram transferidas para estufas a 35°C durante 48 horas, para total evaporação do solvente. Depois de seco, os substratos com extratos de todos os tratamentos foram distribuídos para os recipientes com 24 células na quantia de 3 g/célula. Para o grupo controle foi distribuídos somente o substrato da mistura vemiculita e Plant-Max®. Posteriormente foram irrigado todos os tratamentos com água destilada na quantia de 3ml/célula inclusive o grupo controle.

Posteriormente, foi feito um pequeno orifício no substrato em cada célula para o transplante e possibilitar a pega uniforme das plântulas.

Após a identificação dos recipientes, foram colocados em caixas de maior tamanho, transparentes de polietileno, com tampa medindo 25 x 22 x 12 cm e encaminhados para a câmara climatizada tipo BOD, com fotoperíodo de 12 h, com isothermal em $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e irradiância de $45 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. No 14º dia as caixas foram retiradas do BOD, sendo considerado concluído, o bioensaio quando ocorreu o terceiro estágio (fase) do desenvolvimento das plântulas. Após foi iniciada as medições do hipocótilo, radícula e a determinação da massa seca.

3.6.3 Cálculo das medidas do hipocótilo e radícula

Para a obtenção do comprimento, fizeram-se medidas das variáveis hipocótilo, radícula e determinação da massa seca nas zonas de diferenciação entre radícula/hipocótilo (considerando a distância dos cotilédones da plântula até o ápice meristemático do sistema radicular). Para facilitar a retirada das plântulas das caixas de crescimento, as células foram irrigadas e, na sequência, foi realizada a limpeza, antes do início do procedimento de determinação das medidas do hipocótilo e radícula com o auxílio de régua milimetrada, adaptada em pranchetas. Os resultados são dados em centímetro, conforme Benincasa (1988).

3.6.4 Determinação da massa seca (MS)

Depois de realizada a biometria das plântulas, elas foram separadas e o hipocótilo e a radícula foram seccionados, de acordo com o número de repetições e tratamentos. Ambos foram pesados em balança com precisão de 0,0001 g, obtendo-se o valor pela soma de cada repetição dividido pelo número de plântulas utilizadas.

Os resultados foram expressos em mg/partes da plântula. A etapa de secagem foi estudada através do equilíbrio higroscópico e da cinética de secagem.

Para acompanhar a secagem e o equilíbrio foi necessário determinar a umidade inicial das folhas pelo método da estufa e mantidas em estufa a 60°C, até a estabilização do peso (em torno de 48 hs). A umidade inicial pode ser calculada em base seca e base úmida de acordo com as equações.

Para a determinação da matéria seca das plântulas, estas foram divididas por órgãos, pelo número de repetições e concentrações, acondicionadas em sacos de papel 18 x 10 cm, identificadas. Decorrido o período, o material vegetal foi mantido em dissecadores com sílica para determinar o peso, em balança de precisão obtendo-se, assim, os valores de massa seca do total das plântulas (mg) pela diferença da massa inicial conforme equações.

$$X_i = w_i/w_i - w_s \quad (\text{base úmida})$$

$$X_i = w_s/w_i - w_s \quad (\text{base seca})$$

Onde:

X_i umidade inicial

w_i massa inicial

w_s massa seca (mg)

3.7 Delineamento experimental

Para verificar a interferência alelopática de extratos da espécie contaminante *Hovenia dulcis* na germinação e no crescimento inicial de *Parapiptadenia rigida*, foi conduzido através do delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições para cada tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de

variância (ANOVA), sendo os resultados avaliados para um nível de significância de 5%. Quando da interação significativa foi realizada a análise de regressão das variáveis: percentual de germinação, tamanho do hipocótilo e da radícula, índice de velocidade de germinação, tamanho da radícula e hipocótilo e peso da massa seca da radícula e hipocótilo em função das variáveis explicativas: concentração do substrato, partes da planta, e tipo de extração (maceração/percolação). Para os fatores qualitativos (extrato e concentração) os valores obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e no caso de rejeição da hipótese nula, estudo feito através do método de comparação de médias dos valores dos parâmetros (Tukey com 5% de erro).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Solvente utilizado

Para a extração tanto no método de maceração como na percolação foi usado o etanol solvente orgânico, o mais utilizados em processos extrativos.

4.2 Valores de pH das diluições dos extratos etanólicos utilizados nos testes

Após a preparação das diluições dos extratos obtidos a partir dos diferentes caracteres morfológicos de indivíduos jovens e adultos de *Hovenia dulcis*, por dois métodos extrativos, fez-se determinação do pH de cada uma das soluções, inclusive da água destilada (grupo controle), cujos resultados estão na Tabela 1 e Figura 11.

Tabela 1 – Valores de pH das diluições dos diferentes extratos de *Hovenia dulcis* utilizados para avaliação do potencial alelopático. Santa Maria, RS, 2011.

Órgão e Método	pH				
	Concentração (%)				
	0	25	50	75	100
1. Folha adulta – maceração	-	5,80	5,65	5,61	5,61
2. Folha adulta – percolação	-	5,77	5,73	5,73	5,59
3. Folha jovem – percolação	-	5,29	5,69	5,77	5,89
4. Folha jovem – maceração	-	-	-	-	-
5. Casca adulta – percolação	-	5,33	5,10	5,24	4,73
6. Casca adulta – maceração	-	5,07	4,87	4,84	5,07
7. Casca jovem – percolação	-	5,22	5,03	5,60	4,91
8. Casca jovem – maceração	-	5,14	5,11	4,92	4,68
9. Raiz adulta – percolação	-	5,20	4,60	4,50	4,40
10. Raiz adulta – maceração	-	5,15	5,38	5,15	5,41
11. Raiz jovem – percolação	-	5,00	5,30	5,00	5,10
12. Raiz jovem – maceração	-	4,90	5,00	5,30	4,80
13. Pseudofruto – percolação	-	6,10	6,00	5,50	5,50
14. Pseudofruto – maceração	-	6,30	6,40	6,40	6,50
15. Semente – percolação	-	5,20	4,90	5,10	4,80
16. Semente – maceração	-	4,90	5,40	4,60	4,70
17. Água destilada	5,30	-	-	-	-

Observa-se que os valores de pH dos extratos variaram entre 5,38 e 6,65, estando dentro da faixa indicada para análises. Mayeux; Scifres (1978) colocam que

valores de extrema acidez (abaixo de três) ou extrema alcalinidade (acima de 11) podem interferir no processo germinativo.

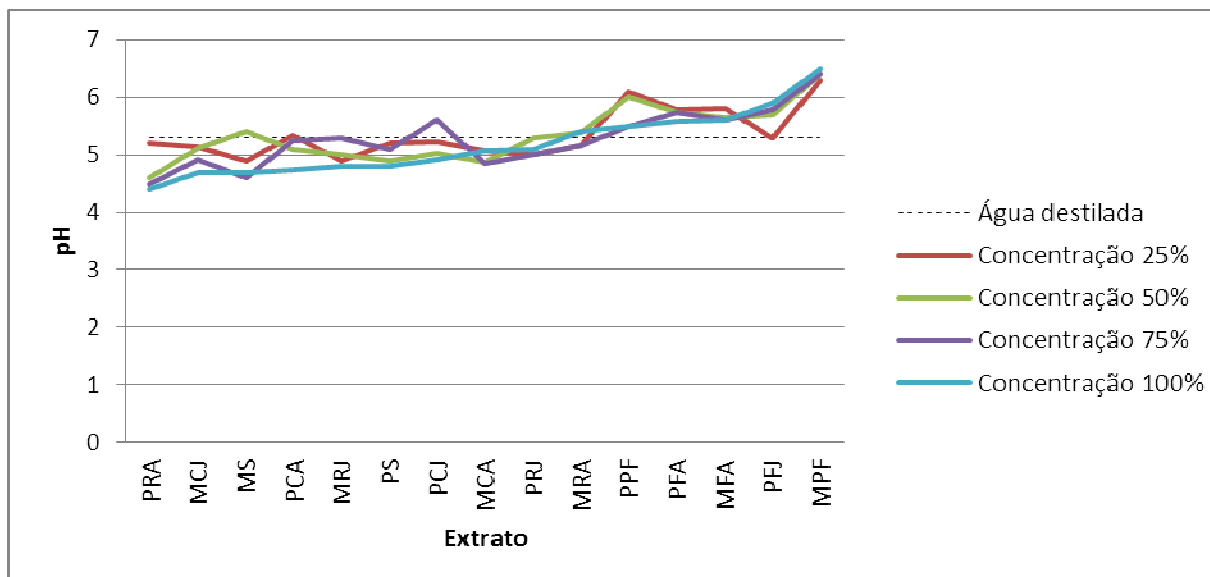


Figura 11 – Valores de pH das diluições dos diferentes extratos de *Hovenia dulcis* utilizados para avaliação do potencial alelopático. Santa Maria, RS, 2011.

Valores próximos de pH aos encontrados neste trabalho foram obtidos por Aquila (2000), que encontrou variação de pH semelhante para extratos de *Ilex paraguariensis*, sendo que os valores deste parâmetro não interferiram na resposta alelopática, portanto os valores do pH das diluições dos extratos etanólicos utilizados nos testes não influenciaram nos resultados.

O pH das soluções usadas nos bioensaios alelopáticos são importantes e devem ser levados em consideração, visto que podem interferir na resposta alelopática (LEATHER; EINHELLIG, 1986; FERREIRA AQUILA, 2000; MACIAS et al., 2000a).

O controle do pH e da concentração de extratos brutos é fundamental, pois pode haver nos mesmos, substâncias como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, entre outros, que podem mascarar o efeito alelopático, por influenciar na concentração iônica e ser osmoticamente ativos (FERREIRA; AQUILA, 2000; FERREIRA; BORGUETTI, 2004).

O pH dos extratos PRA, MCJ, PS e MCA é menor do que o pH da água destilada em qualquer uma das concentrações analisadas. O extrato MS possui pH semelhante ao da água destilada somente para concentração de 50%, as demais possuem pH inferior ao valor de 5,3.

O extrato obtido a partir da casca adulta pelo método percolação apresentou valores de pH muito próximos ao da água destilada para as concentrações 25% e 75%, as outras duas concentrações possuem valores inferiores ao da água destilada. Para o extrato raiz jovem obtido pelo método de maceração, apenas a concentração de 75% se aproxima do valor de pH de 5,3, as demais concentrações são inferiores à esse valor.

O extrato casca jovem (método percolação) apresenta um valor de pH maior do que 5,3 para a concentração de 75%, as outras concentrações avaliadas se apresentaram com valores inferiores à água destilada. O extrato raiz jovem obtido pelo método percolação apresentou, para concentração de 50%, o valor de pH igual ao da água destilada, enquanto que para as demais concentrações obteve-se valores de pH inferiores.

Já no caso do extrato raiz adulta obtido pelo método de maceração, verificou-se valores de pH superiores à 5,3 para as concentrações de 50 e 100% e inferiores para as concentrações 25 e 75%. Os extratos PPF, PFA, MFA e MPF apresentaram todos os valores de pH maiores do que o pH da água destilada, enquanto que o extrato folha jovem (percolação) apresentou valor inferior ao pH de 5,3 somente para a concentração de 25%

4.3 Rendimentos dos extratos etanólicos dos diferentes caracteres morfológicos obtidos pelos métodos de maceração e percolação

Para a realização deste trabalho, foram utilizados dois métodos extrativos: maceração e percolação. No caso da maceração foi utilizada planta fresca e o processo ocorreu à temperatura ambiente. Na percolação foi utilizado processo a quente e material vegetal seco, moído.

As diferenças no processamento foram eleitas para obter informações sobre a estabilidade dos constituintes vegetais presentes em *Hovenia dulcis* de potencial da atividade alelopática. Caso estes sofressem destruição com a secagem do material,

a atividade alelopática seria detectada apenas nos extratos obtidos por maceração, ou então a alelopatia seria mais pronunciada nos extratos obtidos por este método.

Tabela 2 – Rendimento dos extratos etanólicos obtidos a partir dos diferentes órgãos vegetativos de *Hovenia dulcis* pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Caractere morfológico	Massa Vegetal (g)	Massa do Extrato (g)	Rendimento (%)
Raiz Jovem	760,30	43,49	5,72
Raiz Adulta	721,10	44,12	6,12
Casca Jovem	938,30	69,42	7,40
Casca Adulta	881,30	56,50	6,41
Semente	599,97	39,08	6,51
Pseudofruto	507,13	49,02	9,66
Folha Jovem*	-	-	-
Folha Adulta	661,50	54,44	8,23

Na Tabelas 2 encontram-se os valores de rendimento de material vegetal para os extratos de *Hovenia dulcis*, pelo método de extração por maceração. Observa-se que o pseudofruto foi o que apresentou maior rendimento (9,66%), seguido pelo extrato da folha adulta (8,23%). O caracter macromorfológico que forneceu o extrato com menor rendimento foi a raiz jovem (5,72%). Figura 12.

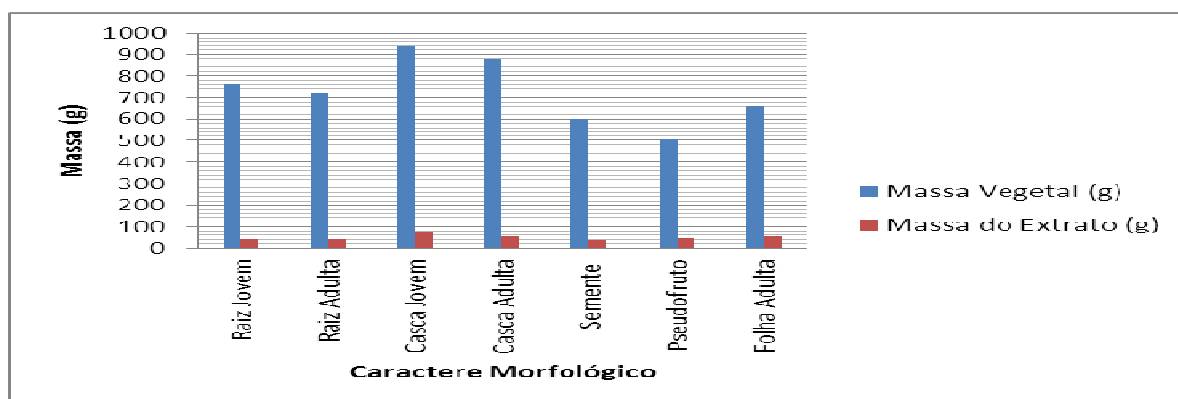


Figura 12 – Massa vegetal e dos respectivos extratos etanólicos obtidos a partir dos diferentes órgãos vegetativos de *Hovenia dulcis* pelo método maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Não foi obtido extratos de folhas jovens pelo método de maceração, devido à indisponibilidade de material neste estágio de desenvolvimento. Portanto não foi realizados testes de germinação com estratos desses órgãos.

Tabela 3 – Rendimento dos extratos etanólicos obtidos a partir dos diferentes órgãos vegetativos de *Hovenia dulcis* pelo método de percolação a quente. Santa Maria, RS, 2011.

Caractere Morfológico	Massa Vegetal (g)	Massa do Extrato (g)	Rendimento (%)
Raiz Jovem	229,47	81,34	35,45
Raiz Adulta	313,76	64,25	20,48
Casca Jovem	435,14	60,89	14,00
Casca Adulta	609,95	172,90	28,35
Semente	267,98	42,85	15,87
Pseudofruto	843,39	193,00	22,73
Folha Jovem	248,52	77,75	31,28
Folha Adulta	296,54	50,44	17,00

Pelo método de percolação, os extratos de maiores rendimentos foram os obtidos a partir da raiz jovem (35,45%) seguido pela folha jovem (31,28%), enquanto que o extrato para o que se obteve o valor menor foi o da casca jovem (14,00%) (Tabela 3 e Figura 13).

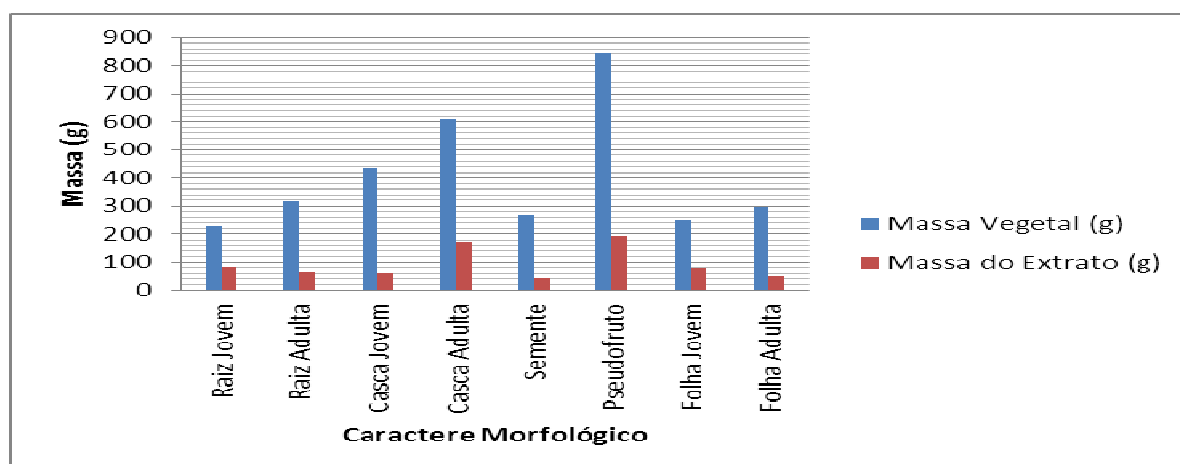


Figura 13 – Massa vegetal e dos respectivos extratos etanólicos obtidos a partir dos diferentes órgãos vegetativos de *Hovenia dulcis* pelo método percolação à quente. Santa Maria, RS, 2011.

Observando-se as tabelas contendo os rendimentos dos diferentes extratos testados neste trabalho, pode-se observar que o método de percolação apresentou as maiores porcentagens. Verificou-se também que os rendimentos correspondentes aos dois métodos extrativos, considerando-se um mesmo caractere morfológico, foram inversamente proporcionais como; 760,3 está para 5,72 %, como 229,47 está para 35,45%.

Os resultados obtidos indicam que a atividade de alelopatia influenciou para os extratos obtidos pelos dois métodos de extração tanto na germinação como no crescimento inicial. Como os extratos obtidos por percolação à quente apresentaram um rendimento significativamente superior àqueles obtidos por maceração, com manutenção da atividade, pode-se afirmar que o melhor método de extração para as substâncias de atividade alelopática de *Hovenia dulcis* é a percolação à quente. O maior rendimento dos extratos obtidos a partir do material vegetal moído e à temperatura de ebulição do etanol era esperada e é frequentemente relatada na literatura (SILVA, 2009).

Deve-se considerar, também, que o tamanho das partículas utilizadas influencia o rendimento do extrato, uma vez que a dissolução dos constituintes vegetais é otimizada no caso de partículas menores. Outro fator relevante é a temperatura, que aumenta a solubilidade dos compostos.

4.4 Avaliação da atividade alelopática no bioensaio de germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida*.

4.4.1 Germinação das sementes (G%)

Para esta variável analisada, verifica-se que ocorreu interação tripla significativa ($p \leq 0,05$) para os parâmetros estudados (concentração, método de extração e caractere morfológico da planta). Desta forma, analisando as equações de regressão obtidas dos desdobramentos das interações (Anexo 1), verificou-se que alguns extratos não interferem na germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida*, conforme apresentado na Tabela 4.

Assim, pode-se afirmar que os extratos obtidos a partir da casca jovem e adulta, pseudofruto e semente pelo processo de maceração, bem como aqueles obtidos a partir das raízes de indivíduos jovens e adultos pelo processo de percolação, independentemente da concentração, não influenciaram significativamente o processo germinativo nas sementes de *Parapiptadenia rigida*.

Tabela 4 – Caracteres morfológicos da *Hovenia dulcis* cujos extratos não influenciaram na germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida*. Santa Maria, RS, 2011.

Combinação	Equação modelada
MCA – Maceração da Casca Adulta	$\hat{Y}=99,38$
MCJ – Maceração da Casca Jovem	$\hat{Y}=98,75$
MPF – Maceração do Pseudofruto	$\hat{Y}=99,17$
MS – Maceração da Semente	$\hat{Y}=97,29$
PCA – Percolação da Casca Adulta	$\hat{Y}=97,92$
PCJ – Percolação da Casca Jovem	$\hat{Y}=99,17$
PRA – Percolação da radícula Adulta	$\hat{Y}=98,33$
PRJ – Percolação da Radícula Jovem	$\hat{Y}=98,96$

Os extratos obtidos a partir da folha adulta por ambos os métodos e aqueles provenientes da raiz adulta e raiz jovem por meio da maceração, bem como os extratos obtidos por percolação da folha jovem, pseudofruto e semente influenciaram a viabilidade das sementes (Anexo 1), resultando plântulas anormais (necrosadas) na concentração de 100% (Figuras 14 e 15).



Figura 14 - Germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação do extrato obtido por maceração das folhas adultas de *Hovenia dulcis*, nas concentrações de 0% (controle), 25, 50, 75 e 100%. Santa Maria, RS, 2011.



Figura 15 – Sementes anormais de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação do extrato obtido por maceração das folhas adultas de *Hovenia dulcis* na concentração de 100%. Santa Maria, RS, 2011.

Para o método de maceração dos caracteres morfológicos adotou-se siglas para a descrição dos resultados para a citação em tabelas, figuras e resultados. (Tabela 5).

Tabela 5 – Siglas dos caracteres morfológicos pelo Método de Maceração

C. morfológicos	Método	Sigla
1. Folha adulta	maceração	MFA
2. Folha jovem	maceração	MFJ
3. Casca adulta	maceração	MCA
4. Casca jovem	maceração	MCJ
5. Raiz adulta	maceração	MRA
6. Raiz jovem	maceração	MRJ
7. Pseudofruto	maceração	MPF
8. Semente	maceração	MS

Para o método de percolação dos caracteres morfológicos adotou-se siglas para a descrição dos resultados para a citação em tabelas e figuras e (Tabela 6).

Tabela 6 – Siglas dos caracteres morfológicos pelo Método de percolação

C. morfológicos	Método	Sigla
1. Folha adulta	percolação	PFA
2. Folha jovem	percolação	PFJ
3. Casca adulta	percolação	PCA
4. Casca jovem	percolação	PCJ
5. Raiz adulta	percolação	PRA
6. Raiz jovem	percolação	PRJ
7. Pseudofruto	percolação	PPF
8. Semente	percolação	PS

Os extratos de *Hovenia dulcis* obtidos através da maceração da casca adulta, maceração da casca jovem, maceração de pseudofruto e maceração de semente nas concentrações de 0 a 100% os valores para média de germinação não apresentaram significância estatística ao nível de 5% de erro. Já para os extratos maceração da folha adulta, maceração da raiz adulta e maceração da raiz jovem os valores obtidos diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Assim, para maceração da folha adulta verifica-se que o caractere germinação foi afetado significativamente somente quando submetida à concentração de 100%.

O extrato maceração da raiz adulta apresentou valores para as concentrações 0, 25 e 50% semelhantes, porém a concentração 75% é estatisticamente inferior às concentrações já citadas assim como a concentração 100% é inferior às anteriores para o mesmo extrato. A germinação não sofreu influência para o extrato MRJ (maceração da raiz jovem) nas concentrações 0, 25, 50 e 75% semelhantes, enquanto que para a concentração 100% a percentagem de valores para germinação é estatisticamente inferior aos demais.

Na Tabela 7 pode-se observar que os diferentes extratos não apresentaram significância estatística para as concentrações 0 e 50%. Para a concentração 25% a análise de variância foi significativa apesar de o teste Tukey não ser sensível o suficiente para apontar qual das médias diferem entre si. Quando realizado o teste Duncan, verificou-se que o extrato obtido da maceração da semente se difere dos demais a 5% de probabilidade. Na concentração 75% verifica-se que os extratos maceração do pseudofruto e maceração da raiz adulta diferem entre si, mas não se diferem dos demais. Já para a concentração 100% os resultados mostram que o extrato maceração da casca adulta e maceração do pseudofruto não diferem entre si, mas diferem de maceração da casca jovem e de maceração raiz adulta. Já maceração casca jovem, maceração da raiz adulta e maceração da semente não diferem entre si, mas diferem de maceração folha adulta e o extrato maceração raiz adulta difere de maceração casca adulta e de maceração folha adulta.

Tabela 7 – Valores médios de germinação (%) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	MCA ^{ns}	MCJ ^{ns}	MFA**	MPF ^{ns}	MRA**	MRJ**	MS ^{ns}
0	100.000	100.000	98.958A	98.958	100.000A	100.000A	100.000
25	100.000	100.000	100.000A	100.000	100.000A	100.000A	95.835
50	98.958	100.000	97.915A	98.958	100.000A	100.000A	96.875
75	97.915	97.918	95.830A	100.000	93.750B	98.958A	97.915
100	100.000	95.835	75.000B	98.958	84.375C	93.750B	95.833
CV(%)	1,433	2,881	4,565	1,717	2,697	1,443	4,914

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Na Tabela 7 pode-se observar que os diferentes extratos não apresentaram significância estatística para as concentrações 0 e 50%. Para a concentração 25% a análise de variância foi significativa apesar de o teste Tukey não ser sensível o suficiente para apontar qual das médias diferem entre si. Quando realizado o teste Duncan, verificou-se que o extrato obtido da maceração da semente se difere dos demais a 5% de probabilidade. Na concentração 75% verifica-se que os extratos maceração do pseudofruto e maceração da raiz adulta diferem entre si, mas não se diferem dos demais. Já para a concentração 100% os resultados mostram que o extrato maceração da casca adulta e maceração do pseudofruto não diferem entre si, mas diferem de maceração da casca jovem e de maceração raiz adulta. Já maceração casca jovem, maceração da raiz adulta e maceração da semente não diferem entre si, mas diferem de maceração folha adulta e o extrato maceração raiz adulta difere de maceração casca adulta e de maceração folha adulta.

Tabela 8 – Valores médios de germinação (%) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)				
	0 ^{ns}	25*	50 ^{ns}	75*	100**
MCA	100.000	100.000A	98.958	97.915AB	100.000A
MCJ	100.000	100.000A	100.000	97.918AB	95.835AB
MFA	98.958	100.000A	97.915	95.830AB	75.000C
MPF	98.958	100.000A	98.958	100.000A	98.958A
MRA	100.000	100.000A	100.000	93.750B	84.375BC
MRJ	100.000	100.000A	100.000	98.958AB	93.750AB
MS	100.000	95.835A	96.875	97.915AB	95.833AB
CV(%)	1,118	1,829	2,106	2,423	6,003

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; *F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Utilizando os extratos obtidos pelo método de percolação, observou-se que a germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida* não foi afetada por nenhuma concentração dos extratos percolação da casca adulta, percolação da casca jovem, percolação da folha jovem, percolação da raiz adulta e percolação da raiz jovem. Já os extratos percolação da folha adulta e percolação do pseudofruto na concentração

100% causou uma inibição significativa à germinação de *Parapiptadenia rigida* (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores médios de germinação (%) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	PCA ^{ns}	PCJ ^{ns}	PFA ^{**}	PFJ ^{ns}	PPF ^{**}	PRA ^{ns}	PRJ ^{ns}	PS*
0	100.000	100.000	100.000A	100.000	97.915A	98.958	100.000	100.000A
25	100.000	100.000	100.000A	100.000	98.958A	100.000	100.000	100.000A
50	96.875	100.000	93.750A	100.000	100.000A	97.918	98.958	98.958A
75	95.833	96.875	86.458A	100.000	96.875A	96.873	96.875	92.708A
100	96.875	98.958	60.418B	92.708	81.253B	97.915	98.958	98.958A
CV (%)	3,008	2,029	8,523	5,431	2,566	3,123	3,123	3,511

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; *F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

As concentrações 0, 25 e 50% não permitem separar estaticamente os extratos analisados, ao passo que a concentração 75% apresentou os extratos obtidos pelo método de percolação da folha adulta e percolação da folha jovem diferentes entre si, e na concentração 100% observa-se que o extrato percolação da folha adulta apresenta uma inibição à germinação bem evidenciada (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores médios de germinação (%) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)				
	0 ^{ns}	25 ^{ns}	50 ^{ns}	75*	100**
PCA	100.000	100.000	96.875	95.833AB	96.875A
PCJ	100.000	100.000	100.000	96.875AB	98.958A
PFA	100.000	100.000	93.750	86.458B	60.418B
PFJ	100.000	100.000	100.000	100.000A	92.708A
PPF	97.915	98.958	100.000	96.875AB	81.253A
PRA	98.958	100.000	97.918	96.873AB	97.915A
PRJ	100.000	100.000	98.958	96.875AB	98.958A
OS	100.000	100.000	98.958	92.708AB	98.958A
CV(%)	1,130	0,738	3,028	4,929	8,421

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; *F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Os extratos obtidos a partir da folha adulta por ambos os métodos e aqueles provenientes da raiz adulta e raiz jovem por meio da maceração, bem como os extratos obtidos por percolação da folha jovem e pseudofruto influenciaram a viabilidade da germinação das sementes, resultando plântulas anormais (necrosadas) na concentração de 100% dos extratos (Figuras 16 e 17).

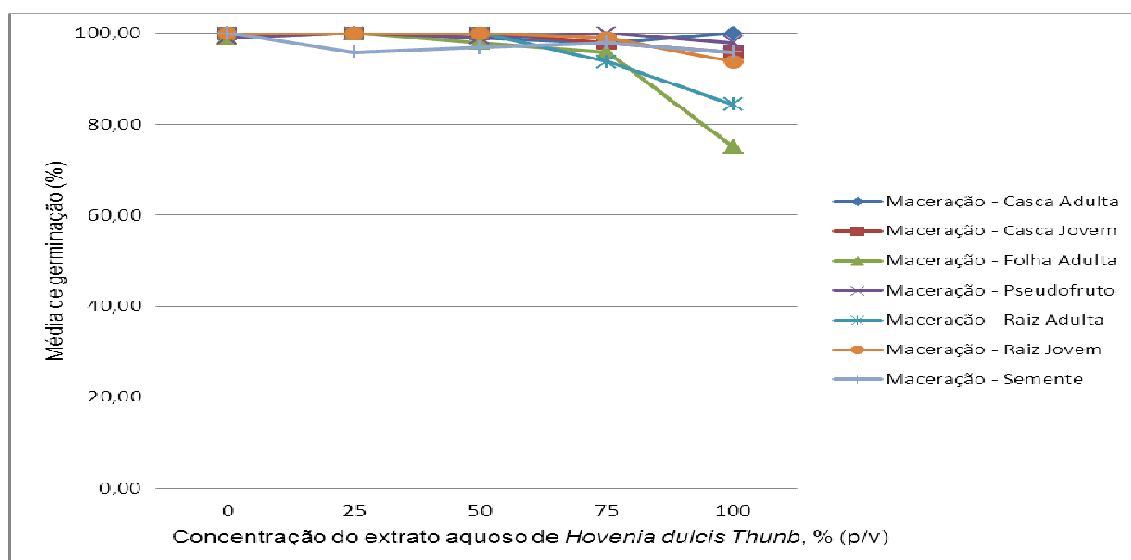


Figura 16 – Valores médios de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Verificou-se que todos os extratos na concentração de 25% apresentaram comportamento semelhante ao controle, porém, a partir da concentração de 50%, os extratos obtidos por maceração da folha adulta e da raiz jovem de *Hovenia dulcis*, bem como aqueles obtidos por percolação da folha adulta, da folha jovem e do pseudofruto apresentaram redução do percentual de germinação (Figuras 16 e 17). Essa inibição, no entanto, não ocorre de forma acentuada para o extrato de semente obtido pelo método da percolação.

Os extratos de *Hovenia dulcis* obtidos a partir das folhas adultas por ambos os métodos (maceração e percolação) nas concentrações de 100%, foram os que mais inibiram a média de germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida* (Figuras 16 e 17). No entanto, uma inibição da germinação significativa já pode ser observada a partir da aplicação destes extratos em concentrações de 75% ou superior.

O extrato obtido a partir das folhas adultas pelo processo de maceração, na concentração de 100% foi o que mais inibiu a germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida*, seguido pelo extrato das raízes adultas obtido por maceração na mesma concentração. Pelo método de percolação os extratos que causaram maior inibição na taxa de germinação das sementes foi igualmente o extrato das folhas adultas, seguido pelo extrato de *Hovenia dulcis* das raízes adultas e dos pseudofrutos que, na concentração de 100%, retardaram a germinação e, de maneira geral, deram origem a plântulas anormais.

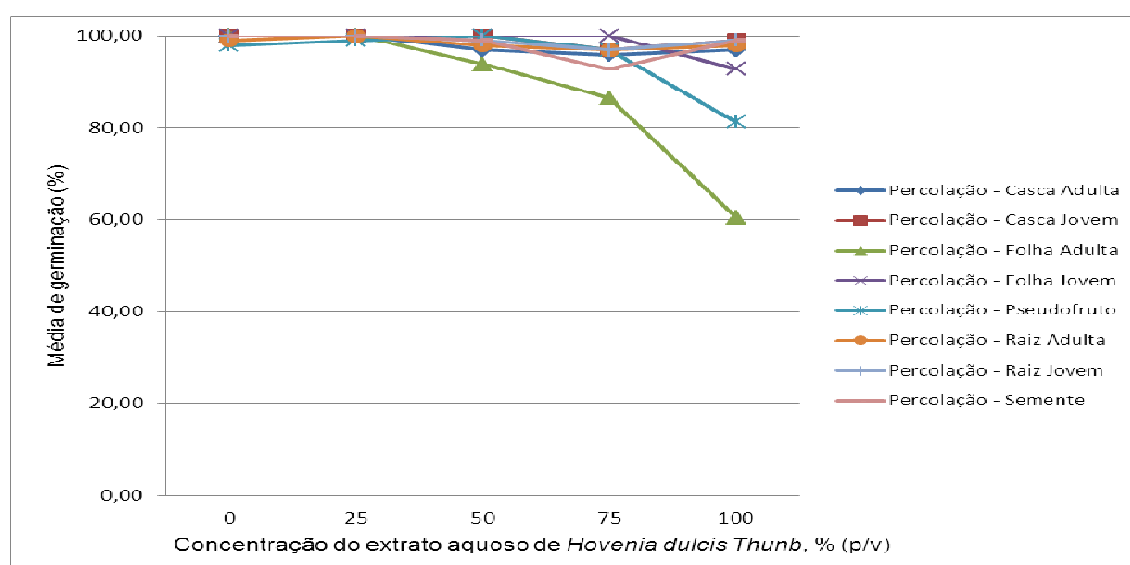


Figura 17 – Germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

A germinação de sementes de *Parapiptadenea rigida*, quando submetida à ação dos extratos de *Hovenia dulcis* obtidos por maceração da casca jovem, da casca adulta e do pseudofruto, mantiveram a taxa de germinação em 100%, independente da concentração. No entanto, quando o método de extração utilizado foi a percolação, a taxa de germinação também foi de 100% para os extratos de *Hovenia dulcis* obtidos da casca adulta, casca jovem, raiz adulta, raiz jovem e semente.

Os extratos de folha adulta obtidos por ambos os métodos (maceração e percolação) foram os que mais inibiram a média de germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida* (Figuras 16 e 17). A maior atividade do extrato obtido da folha adulta torna-se mais acentuada a partir da concentração de 75%, sendo que a maior

inibição da germinação ocorreu com o extrato na concentração de 100%. Outro caracter morfológico que originou extratos que também inibiram a germinação de sementes da espécie alvo foi o pseudofruto, quando testados na concentração de 100%. Estes resultados assemelham-se aos de Saxena et al. (1996), que observaram que o aumento da concentração dos extratos de *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br. diminuiu as taxas de germinação *Lactuca sativa* L.

4.4.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Para esta variável analisada, verificou-se que ocorreu interação tripla significativa ($p \leq 0,05$) para os parâmetros estudados (concentração, método e caractere morfológico da planta).

Desta forma, analisando as equações obtidas dos desdobramentos das interações (Anexo 2), verificou-se que, independentemente da concentração, apenas o extrato proveniente da casca adulta pelo processo da maceração não interfere na velocidade de germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida*.

De acordo com a Tabela 11 verifica-se que o índice de velocidade da germinação não é afetado por nenhuma concentração do extrato maceração da casca adulta. Os demais extratos permitem que sejam separados estatisticamente, assim, pode-se observar que para todos os extratos existe um decréscimo nos valores médios de IVG à medida que a concentração aumenta.

Tabela 11 – Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	MCA ^{ns}	MCJ ^{**}	MFA ^{**}	MPF ^{**}	MRA ^{**}	MRJ ^{**}	MS*
0	8.2700	8.7675AB	8.0825A	11.8750A	11.0000A	10.8900A	9.0625A
25	7.6175	9.1450A	8.7500A	11.2900A	10.0850A	10.5625A	7.4375AB
50	7.9150	7.9675CB	8.5050A	9.9375B	9.9375A	10.5825A	7.4850AB
75	8.1500	7.5050CD	6.4475B	9.3325B	8.4300B	9.0225B	7.6275AB
100	8.2725	6.6200D	3.9800C	6.4475E	7.0700C	8.2300B	7.0150B
CV(%)	5,938	5,637	8,691	5,045	5,993	5,280	11,494

^{ns}F-teste tratamentos não significativo a 5%; *F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

De acordo com a Tabela 12, pode-se observar que o grupo controle apresenta os maiores valores médios para os extratos maceração do pseudofruto e maceração da raiz adulta, e os menores valores para maceração da semente, maceração casca jovem, maceração da casca adulta com destaque para maceração da folha adulta.

Tabela 12 – Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)				
	0**	25**	50**	75**	100**
MCA	8.2700CD	7.6175DE	7.9150B	8.1500BC	8.2725A
MCJ	8.7675CD	9.1450BCD	7.9675B	7.5050CD	6.6200AB
MFA	8.0825D	8.7500CDE	8.5050B	6.4475D	3.9800C
MPF	11.8750A	11.2900A	9.9375A	9.3325A	6.4475B
MRA	11.0000AB	10.0850ABC	9.9375A	8.4300ABC	7.0700AB
MRJ	10.8900B	10.5625AB	10.5825A	9.0225AB	8.2300AB
MS	9.0625C	7.4375E	7.4850B	7.6275C	7.0150AB
CV(%)	3,985871	7,206442	6,113125	5,85269	11,58506

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Observa-se também pela Tabela 12, que na concentração 25% a maceração do pseudofruto e maceração da raiz jovem possuem os maiores valores médio para o IVG enquanto que maceração da folha adulta, maceração da casca adulta e maceração semente apresentam os menores valores. Na concentração 50% verifica-se uma menor discrepância dos valores médios do IVG ao serem submetidos aos diferentes extratos, porém para concentração 75% as maiores médias são para maceração do pseudofruto, maceração da raiz jovem e maceração da raiz adulta e os menores valores foram apresentados pelos extratos maceração da semente, maceração da casca jovem e maceração da folha adulta, o que demonstra um comportamento similar ao grupo de referência. A concentração 100% apresentou os maiores valores para o extrato MCA maceração da casca adulta e os menores valores médios para maceração do pseudofruto e maceração da folha adulta.

Para os extratos obtidos pelo método de percolação (Tabela 13) os valores médios do índice de velocidade de germinação são afetados pelas diferentes concentrações de raiz adulta obtidas pelo método percolação. Para os demais

extratos, é possível verificar que houve uma inibição do índice de crescimento a medida que as concentrações aumentam.

Tabela 13 – Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	PCA**	PCJ**	PFA**	PFJ**	PPF**	PRA ^{ns}	PRJ**	PS**
0	10.5500A	11.1675A	9.0275A	11.4800A	11.1450A	10.1475	11.6675A	11.3325A
25	9.3725AB	10.7300A	8.4600A	9.4025B	10.7500AB	9.9150	10.3750AB	10.2375AB
50	8.4425B	10.2500AB	6.9400B	9.3325B	9.7375B	10.0200	9.6900BC	8.7300BC
75	8.7025B	9.0225B	5.8450B	8.7500B	8.1475C	9.3550	8.8000C	8.1875BC
100	8.3775B	8.8650B	3.7350E	5.7975C	6.2925D	9.1075	9.1825BC	7.8300C
CV(%)	7,612	6,350	8,778	7,574	6,314	7,233	7,249	11,568

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; *F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

De acordo com a Tabela 14 pode-se verificar que no grupo de referência, o extrato PFA foi o que apresentou o menor valor médio para o índice de velocidade de germinação das sementes de angico vermelho. Esse comportamento pode ser observado nas demais concentrações, assim para as concentrações 25, 50, 75 e 100% o mesmo extrato se difere dos demais por apresentar os menores valores médios em relação aos demais.

Tabela 14 – Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)				
	0**	25**	50**	75**	100**
PCA	10.5500AB	9.3725AB	8.4425BC	8.7025A	8.3775A
PCJ	11.1675A	10.7300A	10.2500A	9.0225A	8.8650A
PFA	9.0275B	8.4600B	6.9400C	5.8450B	3.7350D
PFJ	11.4800A	9.4025 AB	9.3325 AB	8.7500A	5.7975C
PPF	11.1450A	10.7500A	9.7375AB	8.1475A	6.2925BC
PRA	10.1475AB	9.9150AB	10.0200A	9.3550A	9.1075A
PRJ	11.6675A	10.3750A	9.6900AB	8.8000A	9.1825A
PS	10.5500AB	9.3725AB	8.4425BC	8.1875A	8.3775A
CV(%)	6,221	7,642	7,143	9,889	9,457

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Os extratos de *Hovenia dulcis* obtidos por percolação da casca adulta, na concentração de 25%, bem como os obtidos por maceração da casca jovem (25%) e da folha adulta (25% e 50%) apresentaram aumento no índice de velocidade de germinação. Os demais extratos mostraram uma redução dos valores do IVG para as concentrações de 25% e 50%, quando comparados com o grupo controle (0%). Estes valores diminuíram acentuadamente a partir da concentração de 50%, sendo os menores valores registrados para o grupo submetido ao extrato na concentração de 100%. Os menores índices de velocidade de germinação registrados foram para os extratos de folha jovem percolação a 100% de concentração, bem como os extratos provenientes da folha adulta e do pseudofruto por ambos os métodos.

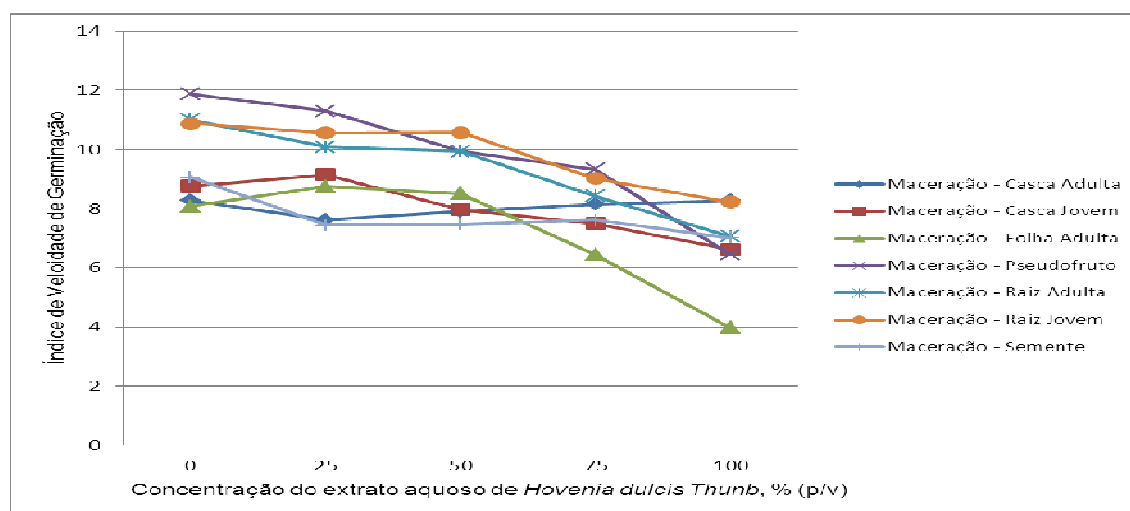


Figura 18 – Valores médios do índice de velocidade de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Os extratos de folha adulta pelo método de maceração na concentrações de 100%, foi o que mais interferiu negativamente na média do índice de velocidade de germinação nas sementes de *Parapiptadenea rigida* (Figuras 18).

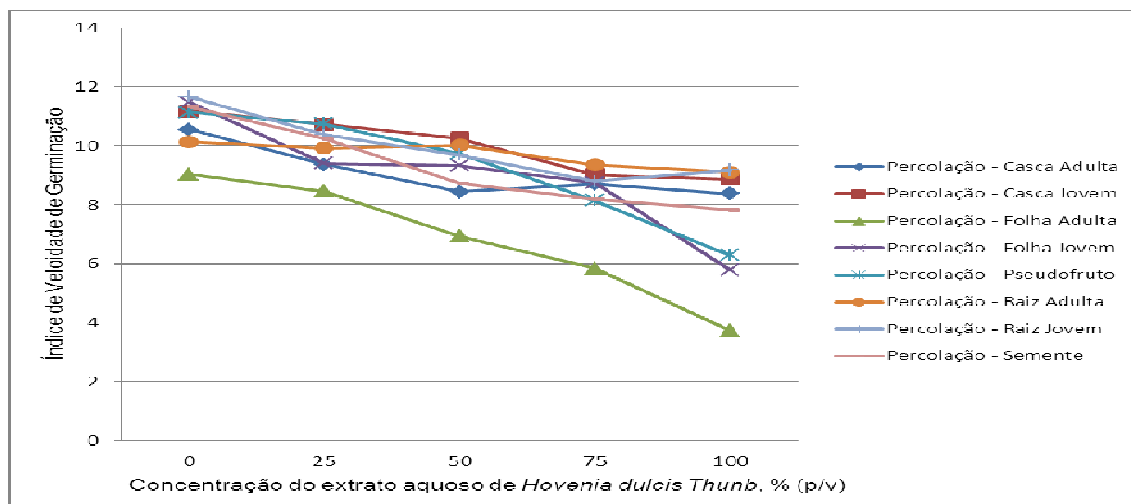


Figura 19 – Valores médios do índice de velocidade de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Quanto à velocidade de germinação nas sementes de *Parapiptadenia rigida*, de maneira geral pode-se notar que na maceração das cascas adultas, maceração das raízes jovens, percolação das cascas adultas e percolação das raízes jovens em todos os extratos *Hovenia dulcis* de todos os órgãos e nos dois métodos de extração causaram atraso no processo germinativo a partir da concentração de 25% (Figuras 18 e 19). Percebe-se que há tendência de decréscimo nos valores de velocidade de germinação quando se aumenta a concentração dos extratos, e este fato é bem evidenciado quando se usou extrato concentrado de folha adulta de *Hovenia dulcis* pelo método de maceração e percolação de onde foram registrados os menores valores de velocidade.

Diante dos resultados obtidos para o IVG de *Parapiptadenia rigida*, na presença dos extratos percebe-se que proporcionou o efeito inibitório a partir de 75% de concentração. Somente na percolação raiz jovem não ocorre estes decréscimos que acentuam-se com o aumento da concentração dos extratos quando comparado ao grupo controle.

Os extratos de folha adulta pelo método de extração por maceração, seguidos pelo pseudofruto e casca jovem na concentração de 100% foram os que proporcionaram maior redução na percentagem média de velocidade do índice, e pelo método de percolação de folha adulta seguido pela folha jovem e pseudofruto, foram os extratos que mais inibiram a média do índice de velocidade de germinação. No entanto, todos os outros extratos, provenientes dos diferentes órgãos de *Hovenia*

dulcis nas sementes na concentração de 100%, quando comparado com o grupo controle (Figuras 15 e 16), e em alguns casos, na concentração de 100%, também provocaram mortalidade.

Os extratos aquosos de folha adulta (Figuras 13, 14, 15) seguido da casca adulta e pseudofruto pelo método de maceração na concentração de 100% foram os que mais provocaram maior inibição na média do índice de velocidade de germinação (Figura 15). No método de percolação os extratos de folha adulta e folha jovem na concentração de 100% foram os maiores valores na inibição na média do índice de velocidade de germinação e, causaram também anormalidade nas raízes nas plântulas da espécie receptora *Parapiptadenea rigida* (Figura 16) e, em alguns casos, na concentração de 100%, também provocaram mortalidade, embora tenham proporcionado comportamento diferenciado.

Embora o índice de velocidade de germinação seja habitualmente expresso sem unidade, quanto maior este índice, maior a velocidade de germinação expressando sementes de melhor qualidade. Desta forma, este tipo de experimento permitiu inferir que as sementes germinam com velocidade diferente, quando são submetidas a variações de temperatura, distintos substratos e diversificados recipientes. Observa-se que os valores do IVG vêm reforçar os valores encontrados na porcentagem de germinação em relação à alelopátia. À medida que a concentração dos extratos aumenta, ocorre uma diminuição da germinação.

De acordo Ferreira; Borghetti (2004) muitas vezes, o efeito alelopático não se dá pela germinabilidade, mas sobre a velocidade de germinação ou sobre outro parâmetro do processo. O efeito alelopático pode provocar alterações na curva de distribuição da germinação ou no padrão polimodal de distribuição de germinação das sementes devido ao ruído informacional (interferências ambientais que bloqueiam ou retardam o andamento de processos metabólicos). Percebe-se que há uma tendência de decréscimo nos valores de velocidade de germinação quando foram aumentadas as concentrações dos extratos. Este fato é evidenciado quando com a utilização de extratos mais concentrados, para os quais foram registrados os menores valores de velocidade de germinação, quando comparados com grupo controle (Figura 18 e 19).

Nesta variável analisada (IVG) observou-se a influência do efeito hormese somente no método de maceração nos extratos de raiz jovem na concentração de

50%, casca jovem na de 25% de concentração, e na taxa de 25% e 50% maceração folha adulta, quando comparado ao grupo controle.

O efeito da hormese ou efeito hormético (CALABRESE; BALDWIN, 2002), ocorre quando uma substância tóxica, em doses muito menores que aquela que apresenta toxicidade, estimula o desenvolvimento da planta. Algumas pesquisas demonstraram que certos compostos podem atuar como promotores ou fitohormônios de crescimento (YAMADA et al., 1995; YOKOTANI-TOMITA et al., 1998). Segundo Rice (1984), alguns compostos químicos tem atividade alelopática inibitória em altas concentrações e, em menores, podem estimular o mesmo processo. Reigosa et al. (1999) explicaram este fato, afirmando que os aleloquímicos podem atuar em vários processos simultaneamente e ter uma resposta diferenciada para o mesmo ou para diferentes processos, dependendo da concentração destes compostos.

4.4.3 Desenvolvimento do hipocótilo

A emergência da plântula e o seu crescimento inicial são as fases mais sensíveis na ontogênese do indivíduo (BLUM, 1999). A massa seca da raiz ou parte aérea, bem como o comprimento das plântulas ou radículas, são os parâmetros mais usados para avaliar o efeito alelopático sobre o crescimento (BENINCASA, 1988; JACOBI; FERREIRA, 1991).

De acordo com Inderjit e Dakshini (1995), o crescimento de plântulas é mais amplamente utilizado para avaliar efeitos alelopáticos em bioensaios de laboratório, talvez por serem mais sensíveis a aleloquímicos do que a germinação.

Para a variável analisada (hipocótilo), verificou-se que ocorreu interação tripla significativa ($p \leq 0,05$) para os parâmetros estudados (dose, método e parte da planta).

Desta forma, analisando as equações obtidas dos desdobramentos das interações (Anexo 1), verificou-se que, independentemente da concentração, os extratos provenientes das combinações listadas na Tabela 15 não interferem no desenvolvimento do hipocótilo das plântulas de *Parapiptadenia rigida*. Os extratos obtidos dos demais caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* influíram no desenvolvimento do hipocótilo de angico-vermelho.

Tabela 15 – Caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* cujos extratos não influenciaram no desenvolvimento do hipocótilo das sementes de *Parapiptadenea rigida*. Santa Maria, RS, 2011.

Combinação	Equação modelada
MCA – Maceração da Casca Adulta	$\hat{Y} = 1,53$
MSE – Maceração da Semente	$\hat{Y} = 1,92$
PCA – Percolação da Casca Adulta	$\hat{Y} = 1,89$

Assim, extratos obtidos da extração pelos métodos de maceração e percolação da casca adulta da *Hovenia dulcis* independentemente da dose, não influenciaram no desenvolvimento do hipocótilo das plântulas de *Parapiptadenea rigida* quando analisadas.

De acordo com a Tabela 15 pode-se verificar que os extratos obtidos pelo método de maceração da casca adulta e maceração da semente não apresentaram significancia estatística enquanto que o extrato maceração casca jovem apresentou comportamento distinto entre as concentrações: a concentração 50% possui valores médios para o tamanho do hipocótilo semelhante ao controle, a concentração 25% apresenta um aumento no valor e as demais apresentam valores inferiores a concentração de referência. O extrato maceração da folha adulta possui uma inibição significativa para os extratos com 75 e 100% de concentração. O extrato maceração do pseudofruto também apresenta inibição dos valores médios à medida que as concentrações aumentam.

O extrato maceração raiz adulta apresenta uma inibição destacada para a concentração 100%, enquanto que o extrato maceração da raiz jovem causou aumento no desenvolvimento do hipocótilo para a concentração de 25% e 50% em relação ao grupo controle.

De acordo com a Tabela 16 pode-se observar que no grupo controle, o valor médio do hipocótilo é maior quando utilizado os extratos maceração do pseudofruto e maceração da raiz adulta e os menores valores são apresentados nos extratos maceração da casca adulta e maceração da casca jovem.

Tabela 16 – Valores médios do hipocótilo (mm) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	MCA ^{ns}	MCJ ^{**}	MFA ^{**}	MPF ^{**}	MRA [*]	MRJ ^{**}	MS ^{ns}
0	1.52750	1.55750B	1.67250A	2.19250A	2.0300AB	1.66750BC	1.9575
25	1.69250	1.81750A	1.60000A	1.90000B	2.2275A	1.78000AB	1.9625
50	1.47750	1.46500BC	1.46250A	1.69250B	2.3150A	1.88750A	1.9025
75	1.56000	1.30000CD	1.15500B	1.39250C	1.8400AB	1.54750BC	2.0525
100	1.41000	1.15250D	0.89500C	1.00500D	1.6100B	1.59000C	1.7325
CV(%)	8,644978	7,600643	7,416942	6,951509	13,48739	5,656878	10,66198

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; ^{*}F-teste significativo a 5%; ^{**}F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Na concentração 25% o maior valor do hipocótilo é do extrato maceração da raiz adulta e os menores nos extratos maceração da casca adulta, maceração da folha adulta e maceração da raiz jovem.

Para concentração 50%, o maior valor médio também é apresentado pelo extrato maceração da raiz adulta assim como para concentração 75% que além da maceração da raiz adulta apresenta valor médio elevado quando submetido ao efeito do extrato maceração da semente e baixos valores nos extratos maceração da casca jovem e maceração folha adulta. A concentração 100% apresenta os maiores valores para o hipocótilo sob ação do extrato maceração da raiz adulta, maceração da raiz jovem e maceração da semente e os menores valores são observados nos extratos maceração da folha adulta e maceração do pseudofruto.

Na concentração 25% o maior valor do hipocótilo é do extrato maceração da raiz adulta e os menores nos extratos maceração da casca adulta, maceração da folha adulta e maceração da raiz jovem.

Para concentração 50%, o maior valor médio também é apresentado pelo extrato maceração da raiz adulta assim como para concentração 75% que além da maceração da raiz adulta apresenta valor médio elevado quando submetido ao efeito do extrato maceração da semente e baixos valores nos extratos maceração da casca jovem e maceração folha adulta. A concentração 100% apresenta os maiores valores para o hipocótilo sob ação do extrato maceração da raiz adulta, maceração da raiz jovem e maceração da semente e os menores valores são observados nos extratos maceração da folha adulta e maceração do pseudofruto.

Tabela 17 – Valores médios do hipocótilo (mm) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)				
	0**	25**	50**	75**	100**
MCA	1.5275C	1.6925B	1.4775B	1.5600B	1.4100AB
MCJ	1.5575C	1.8175AB	1.4650B	1.3000C	1.1525BC
MFA	1.6725BC	1.6000B	1.4625B	1.1550C	0.8950C
MPF	2.1925A	1.9000AB	1.6925B	1.3925BC	1.0050C
MRA	2.0300A	2.2275A	2.3150A	1.8400A	1.6100A
MRJ	1.6675BC	1.7800B	1.8875AB	1.5475B	1.5900A
MS	1.9575AB	1.9625AB	1.9025AB	2.0525A	1.7325A
CV(%)	7,166	10,326	11,406	6,866	11,151

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Todos os extratos demonstraram significativamente no tamanho do hipocótilo exceto percolação da casca adulta e percolação da casca jovem (Tabela 17). O extrato percolação da folha adulta apresentou inibição no crescimento do hipocótilo na concentração 100%. No extrato percolação da folha jovem também verifica-se essa inibição do hipocótilo nas concentrações 75 e 100% e esse comportamento se repete nos extratos percolação do pseudofruto, percolação da raiz adulta, percolação da raiz jovem e percolação da semente.

Tabela 18 – Valores médios do hipocótilo (mm) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria,RS, 2011.

Concen. (%)	PCA ^{ns}	PCJ ^{ns}	PFA**	PFJ**	PPF**	PRA**	PRJ**	PS**
0	1.8500	1.7225	1.5025A	1.8750A	1.7300AB	1.6875ABC	1.9400AB	1.9075AB
25	2.0650	1.9850	1.6025A	1.8550A	1.9375A	1.9675A	2.1875A	2.0625A
50	1.8775	1.8675	1.6225A	1.8575A	1.4150ABC	1.7525AB	1.9225AB	1.9525AB
75	1.8600	1.7400	1.2850AB	1.5875B	1.1800BC	1.5750BC	1.5650BC	1.8825AB
100	1.7975	1.6700	1.0875B	1.3700C	1.1125C	1.4375C	1.4825C	1.7225B
CV (%)	6,365	8,771	11,898	4,169	17,732	8,257	9,763	5,707

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Através das Figuras 18 e 19, pode-se observar que para nos extratos provenientes das combinações maceração das cascas jovens, percolação das

casca jovens, percolação das folhas adultas, percolação dos pseudofrutos, percolação das raízes adultas, percolação das raízes jovens e percolação das sementes, o hipocótilo apresentou um desenvolvimento superior quando se utilizou os extratos com 25% de concentração. Já para as combinações percolação das folhas jovens, maceração das raízes adultas e maceração das raízes jovens, esse desenvolvimento superior ocorreu nos extratos com 50% de concentração comparada a testemunha.

Tabela 19 – Valores médios do hipocótilo (mm) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)				
	0**	25 ^{ns}	50**	75**	100**
PCA	1.8500A	2.0650	1.8775AB	1.8600A	1.7975A
PCJ	1.7225AB	1.9850	1.8675AB	1.7400A	1.6700ABC
PFA	1.5025B	1.6025	1.6225BC	1.2850BC	1.0875E
PFJ	1.8750A	1.8550	1.8575AB	1.5875AB	1.3700CDE
PPF	1.7300AB	1.9375	1.4150C	1.1800C	1.1125DE
PRA	1.6875AB	1.9675	1.7525AB	1.5750AB	1.4375BCD
PRJ	1.9400A	2.1875	1.9225A	1.5650AB	1.4825ABC
PS	1.9075A	2.0625	1.9525A	1.8825A	1.7225AB
CV(%)	7,954	11,540	7,059	8,960	9,809

^{ns}F-teste tratamentos não significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Observando os extratos em relação às concentrações (Tabela 19 e Figura 21), somente para a concentração 25% não é possível separar estatisticamente os extratos. No grupo controle verifica-se que o extrato percolação da folha adulta apresentou valores médios para o crescimento do hipocótilo inferior aos demais. Na concentração 50% os extratos percolação da folha adulta e percolação do pseudofruto foram os que apresentaram as menores médias, o mesmo ocorrendo na concentração 75%. Já na concentração 100%, o hipocótilo, quando as sementes foram submetidas a germinação com extrato percolação da casca adulta, apresentou a maior média enquanto que os extratos percolação da folha jovem, percolação do pseudofruto e percolação da raiz adulta com destaque para percolação da folha adulta foram os que apresentaram os menores valores médios para o crescimento do hipocótilo.

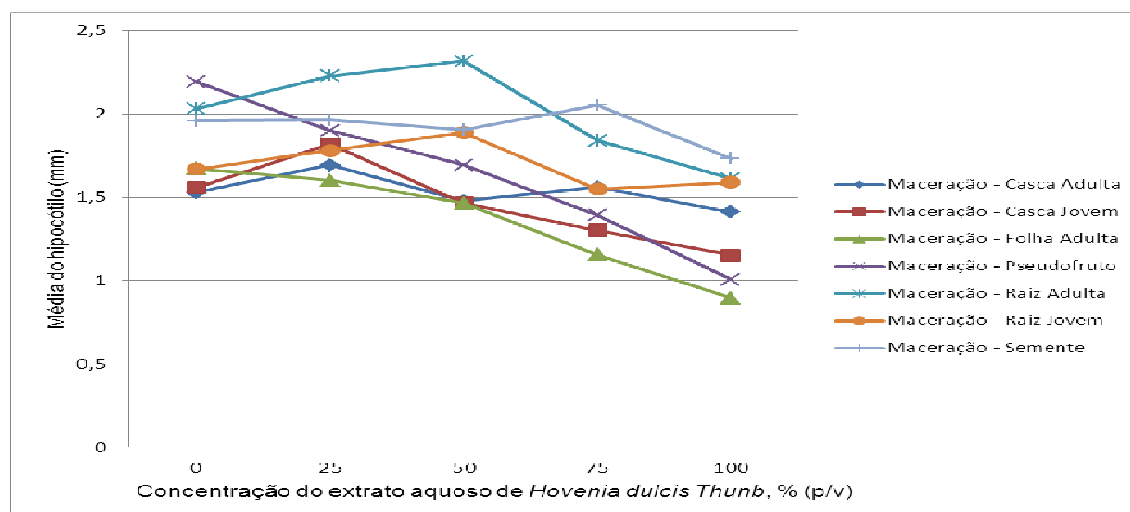


Figura 20 – Valores médios do desenvolvimento do hipocótilo de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Os extratos por maceração das folhas adultas e maceração dos pseudofrutos não apresentaram comportamento semelhante às outras combinações. Verificou-se um declínio constante no desenvolvimento do hipocótilo com o aumento da concentração, sendo que a de 100% apresentou as menores médias do desenvolvimento do hipocótilo.

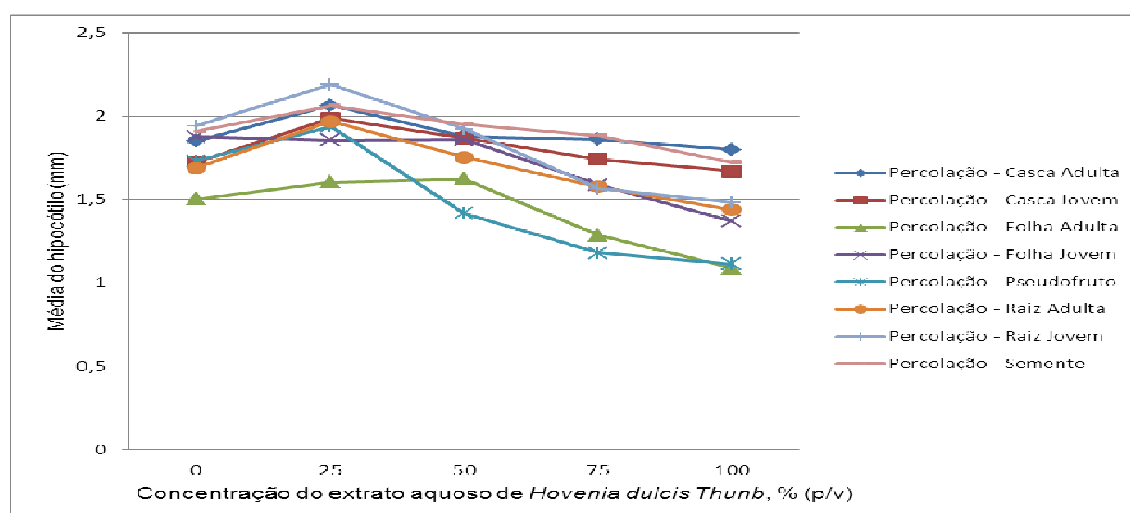


Figura 21 – Valores médios do desenvolvimento do hipocótilo de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Os extratos aquosos de maceração da folha adulta, maceração da folha jovem, maceração da casca adulta e maceração do pseudofruto na concentração

100%, foram os extratos que provocaram maior inibição do desenvolvimento do hipocótilo das sementes de *P. rigida*, em todos os extratos e também causaram anormalidade nas plântulas de *Parapiptadenia rigida*, e em alguns casos, nesta concentração, também provocaram necrose e mortalidade nas plântulas.

Na concentração de 25% dos pseudofrutos pelo método percolação e, nas concentrações 25%, 50%, 75% e 100% na percolação das raízes jovens e maceração das raízes jovens, foi observado o efeito hormético, ao utilizar o método percolação dos pseudofrutos na concentração de 25%.

4.4.4 Desenvolvimento da radícula

Para a variável analisada (radícula), verificou-se que ocorreu interação tripla sexsignificativa ($p \leq 0,05$) para os parâmetros estudados (concentração, método de extração e caractere morfológico da planta). Observando-se as equações de regressão (Anexo 2) observa-se que todos os extratos, nas diferentes dosagens, apresentaram efeitos no desenvolvimento da radícula.

De acordo com a Tabela 20 pode-se observar que os valores médios da radícula de sementes de *Parapiptadenia rigida* não foram afetadas pelo extrato maceração do pseudofruto.

Tabela 20 – Valores médios de radícula (mm) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	MCA*	MCJ**	MFA**	MPF ^{ns}	MRA**	MRJ**	MS**
0	1.1675B	1.4900BC	1.6850AB	1.4200	1.4750A	1.2000D	1.0275B
25	1.6800AB	2.2025A	1.8600A	1.8350	1.3925A	1.8025AB	1.8550A
50	1.7525A	1.7825B	1.5625B	1.9575	1.7175A	2.0450A	1.7775A
75	1.8050A	1.2075CD	1.1975E	1.7675	1.3225AB	1.6175BC	1.9875A
100	1.5300AB	1.0550D	0.8275D	1.6050	0.9200B	1.3425CD	1.7500A
CV(%)	16,354	9,918	8,950	25,942	16,117	10,4276	14,81715

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; *F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Observa-se também pela tabela, que o extrato maceração da casca jovem na concentração 0% apresentou o menor valor médio da radícula. O extrato maceração da casca jovem para a concentração 25% apresentou a maior média do

comprimento de radícula e a menor média para a concentração 100%. O extrato maceração da folha adulta apresentou os maiores valores para o grupo controle e para a concentração 25%, enquanto que nas concentrações 75 e 100% verificam-se os menores valores médios da radícula. O extrato maceração da raiz adulta apresentou os menores valores para as médias de radícula nas concentrações 75 e 100%. O extrato MRJ apresentou o maior valor médio nas concentrações 25 e 50% e uma inibição nas concentrações 0 e 100%. Já o extrato proveniente da semente pelo método maceração o grupo controle foi o único que refletiu significativamente no tamanho da radícula, apresentando um valor médio inferior aos demais.

Nota-se pela Tabela 21 e Figura 22, que o grupo controle apresentou o maior valor médio de tamanho da radícula para o extrato maceração da folha adulta e o menor valor para o extrato maceração da semente.

Na concentração 75% verifica-se que o maior valor médio no comprimento de radículas foi obtido no extrato maceração da semente e os menores valores deste comprimento para as concentrações maceração folha da folha adulta e maceração da casca jovem.

Tabela 21 – Valores médios da radícula (mm) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)				
	0**	25 ^{ns}	50 ^{ns}	75**	100**
MCA	1.1675CD	1.6800	1.7525	1.8050AB	1.5300AB
MCJ	1.4900AB	2.2025	1.7825	1.2075C	1.0550CD
MFA	1.68500A	1.8600	1.5625	1.1975C	0.8275D
MPF	1.4200ABC	1.8350	1.9575	1.7675ABC	1.6050AB
MRA	1.4750ABC	1.3925	1.7175	1.3225BC	0.9200D
MRJ	1.2000BCD	1.8025	2.0450	1.6175ABC	1.3425CD
MS	1.0275D	1.8550	1.7775	1.9875A	1.7500A
CV(%)	10,165	20,033	16,407	16,043	10,386

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Comportamento semelhante pode ser observado na concentração 100% onde os maiores valores médios do comprimento da radícula são apresentados nos extratos maceração da semente, maceração do pseudofruto e maceração da casca adulta e as menores médias são as dos extratos maceração da folha adulta e

maceração da raiz adulta. As concentrações 25 e 50% não apresentaram significância estatística (Tabela 21 e Figura 22).

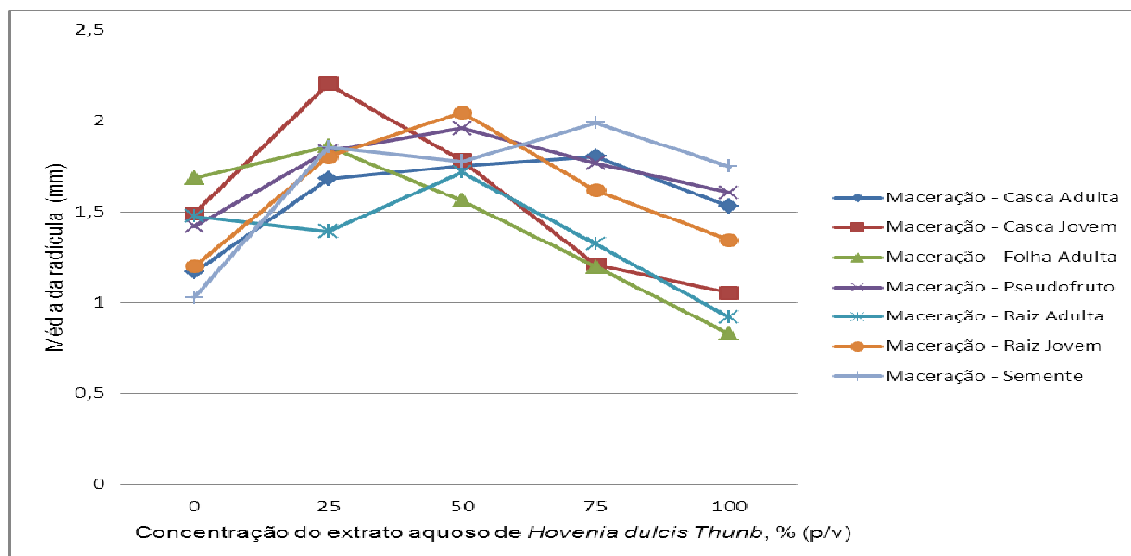


Figura 22 – Valores médios do comprimento das radículas das plântulas de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Pelo método de percolação (Tabela 22) pode-se observar que todos os extratos apresentaram na concentração 25% os maiores valores médios de radícula de sementes do *Parapiptadenia rigida*, e nas concentrações 75 e 100% as radículas apresentaram os menores valores.

Tabela 22 – Valores médios da radícula (mm) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	PCA**	PCJ**	PFA**	PFJ**	PPF**	PRA*	PRJ**	PS**
0	1.7525B	1.4975C	1.1325B	1.3925B	1.9700AB	1.2900C	1.3325C	1.3300AB
25	2.9025A	2.2750A	1.6450A	2.0825A	2.8675A	2.4075A	2.6525A	1.6050A
50	1.6325B	1.8025B	0.9100BC	1.5800B	2.3650AB	2.2175AB	2.2125AB	1.3175B
75	1.4100BC	1.2000C	0.6800C	1.0450C	1.9125AB	1.7250BC	1.7875BC	1.0350C
100	1.1625C	1.2125C	0.7450C	0.7400C	1.6875B	1.4700C	1.5025C	0.8750C
CV(%)	9,884	8,646	11,868	10,621	20,632	13,372	11,076	10,258

*F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Pela Tabela 23 e Figura 23 pode-se observar que a ação no grupo controle e do extrato percolação do pseudofruto apresentou o maior valor médio de comprimento de radícula, enquanto que o extrato percolação da folha adulta apresentou o menor valor. Para a concentração 25%, os maiores valores do comprimento da radícula foram observados nos extratos percolação do pseudofruto, percolação da casca adulta e percolação da raiz jovem e os menores valores ficaram a cargo dos extratos percolação da folha adulta, percolação da folha jovem e percolação da semente. Na concentração 50%, os extratos percolação do pseudofruto, percolação da raiz adulta e percolação da raiz jovem apresentaram as maiores médias e as menores médias do comprimento das raídiculas foram observadas nos extratos percolação da semente e percolação da folha adulta.

Tabela 23 – Valores médios de radícula (mm) de sementes de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em cinco concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha jovem e adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)				
	0*	25**	50**	75**	100**
PCA	1.7525AB	2.9025A	1.6325CD	1.4100B	1.1625BC
PCJ	1.4975AB	2.2750BC	1.8025BC	1.2000BC	1.2125BC
PFA	1.1325B	1.6450D	0.9100E	0.6800D	0.7450D
PFJ	1.3925AB	2.0825CD	1.5800CD	1.0450C	0.7400D
PPF	1.9700A	2.8675A	2.3650A	1.9125A	1.6875A
PRA	1.2900AB	2.4075ABC	2.2175AB	1.7250A	1.4700AB
PRJ	1.3325AB	2.6525AB	2.2125AB	1.7875A	1.5025AB
OS	1.3300AB	1.6050D	1.3175DE	1.0350C	0.8750CD
CV(%)	22,55154	10,38442	11,76193	9,625178	13,96699

*F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Observou-se que alguns extratos com diferentes concentrações geraram plântulas com comprimento radicular semelhante ao grupo controle (Tabela 22). Outros extratos geraram plântulas com comprimento radicular inferior ao grupo controle (Tabela 23).

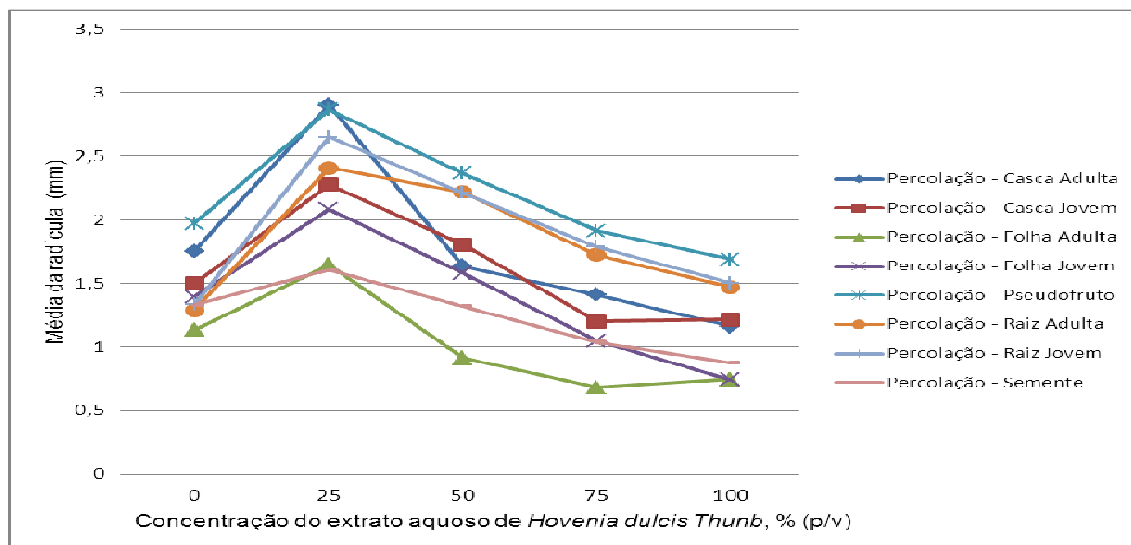


Figura 23 – Valores médios do comprimento das radículas das plântulas de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Por outro lado os extratos relacionados na Tabela 24 geraram plântulas de angico-vermelho com comprimento da radícula com valores maiores do que o grupo controle.

Tabela 24 – Caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* cujos extratos proporcionaram médias do comprimento da radícula das sementes de *Parapiptadenia rigida* semelhantes ao grupo controle. Santa Maria, RS, 2011.

Concentração (%)	Extratos classificados segundo método de extração/caracter macromorfológico / classe de desenvolvimento
25	MRA-Maceração da Raiz Adulta; MFA-Maceração da Folha Adulta
50	PCA-Percolação da Casca Adulta; PSE-Percolação da Semente; PFL-Percolação da Folha Jovem; PFA-Percolação da Folha Adulta; MFA-Maceração da Folha Adulta; MRA-Maceração da Raiz Adulta
75	PPF-Percolação do Pseudofruto; MRA – Maceração da Raiz Adulta
100	PRA – Percolação da Raiz Adulta; PRJ – Percolação da Raiz Jovem; MPF – Maceração do Pseudofruto; MRJ – Maceração da Raiz Jovem

Tabela 25 – Caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* cujos extratos proporcionaram valores médios do comprimento da radícula das sementes de *Parapiptadenia rigida* menores do que o grupo controle. Santa Maria, RS, 2011.

Concentração (%)	Extratos classificados segundo método de extração/caracter macromorfológico / classe de desenvolvimento
25	-
50	-
75	PCA-Percolação da Casca Adulta; PCJ-Percolação da Casca Jovem; PFJ-Percolação da Folha Jovem; PSE-Percolação da Semente; PFA- Percolação Folha Adulta; MFA-Maceração da Folha Adulta; MCJ-Maceração da Casca Jovem
100	PCA-Percolação da Casca Adulta; PCJ-Percolação da Casca Jovem; PFJ-Percolação da Folha Jovem; PSE-Percolação da Semente; PFA-Percolação da Folha Adulta; PPF-Percolação do Pseudofruto; MFA-Maceração da Folha Adulta; MCJ-Maceração da Casca jovem; MRA-Maceração da Raiz Adulta

Na pesquisa da variável radícula foi observado o efeito hormético com a utilização dos estratos obtidos pela percolação do pseudofruto, percolação da raiz jovem e maceração da raiz jovem, nas concentrações de 25%, 50%, 75% e 100% (Figuras 19, 20, 21, 22 e 23).

Observa-se pela Figura 24 que com a utilização de extratos do pseudofruto na concentração de 25% pelo método de percolação, houve um maior desenvolvimento do hipocótilo em relação a radícula como também em relação a testemunha. A partir desta concentração ocorreu o efeito hormético.

Tabela 26 – Caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* cujos extratos proporcionaram valores médios do comprimento da radícula das sementes de *Parapiptadenia rigida* maiores do que o grupo controle. Santa Maria, RS, 2011.

Concentração (%)	Extratos classificados segundo método de extração/caracter macromorfológico / classe de desenvolvimento
25	MCJ-Maceração da Casca Jovem; MPF-Maceração do Pseudofruto; MRA-Maceração da Raiz Adulta; MRJ-Maceração da Raiz Jovem; MSE-Maceração da Semente; PCA-Percolação da Casca Adulta; PCJ-Percolação da Casca Jovem; PFA-Percolação da Folha Adulta; PFJ-Percolação da Folha Jovem; PPF-Percolação do Pseudofruto; PRA-Percolação da Raiz Adulta; PRJ-Percolação da Raiz Jovem; PSE-Percolação da Semente
50	MCA-Maceração da Casca Adulta; MCJ-Maceração da Casca Jovem; MPF-Maceração do Pseudofruto; MRJ-Maceração da Raiz Jovem; MSE-Maceração da Semente; PCJ-Percolação da Casca Jovem; PPF-Percolação do Pseudofruto; PRA-Percolação da Raiz Adulta; PRJ-Percolação da Raiz Jovem
75	MCA-Maceração da Casca Adulta; MPF-Maceração do pseudofruto; MRJ-Maceração da Raiz Jovem; MSE-Maceração da Semente; PRA-Percolação da Raiz Adulta; PRJ-Percolação da Raiz Jovem
100	MCA-Maceração da Casca Adulta; MSE-Maceração da Semente

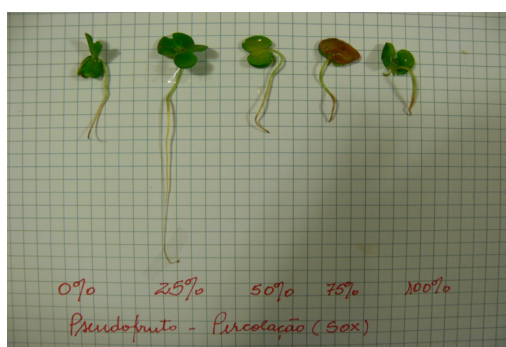


Figura 24 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com extrato obtido por percolação do pseudofruto de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 0% (controle), 25%, 50%, 75% e 100%. Santa Maria, RS, 2011.



Figura 25 - Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com extrato obtido por percolação das raízes jovens de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 0% (controle), 25%, 50%, 75% e 100%. Santa Maria, RS, 2011.



Figura 26 - Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com extrato obtido por maceração das raízes jovens de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 0% (controle), 25%, 50%, 75% e 100%. Santa Maria, RS, 2011.

Com a utilização do extrato da raiz jovem pelo método de percolação observou-se que a partir da concentração de 25% e 50% ocorreu o efeito hormese mais acentuado na concentração de 25%, e a partir da concentração de 75%, alterou-se este efeito até 100% onde ocorreu o menor desenvolvimento da radícula em relação ao hipocótilo (Figura 25).

Utilizando o extrato da raiz jovem pelo método de maceração conforme (Figura 26) ocorreu o efeito hormético nas concentrações de 25% e 50%, comparado ao controle em relação hipocótilo-raiz. A partir desta observação, a menor inibição ocorreu entre 75% e 100% semelhante ao grupo controle.

Utilizando o extrato de maceração da casca jovem, ocorreu o efeito hormético da radícula no início 25% onde houve o maior desenvolvimento entre as concentrações, decrescendo até 100%. Com o extrato pela maceração dos pseudofrutos ocorreu igualmente o mesmo efeito do extrato obtido da maceração das cascas jovens. Utilizando o extrato obtido pelo método maceração da semente o efeito iniciou na concentração de 25%, decresceu a 50% e aumentou até 75% decrescendo novamente até 100% da concentração. Com o extrato obtido por maceração das cascas adultas este efeito iniciou na concentração de 25%, aumentando em 50% e, na concentração de 75% iniciou o decréscimo até 100%. Com o extrato obtido por maceração das raízes adultas houve um decréscimo na concentração de 25% e, a partir desta relação cresceu em 50%, diminuindo a 100%. Com a utilização do extrato obtido da maceração das folhas adultas a

hormese ocorreu na concentração de 25% e, a partir deste valor foi diminuindo até 100% (Figuras 25 e 26).

Observando a o desenvolvimento da radícula nas sementes submetidas aos extratos obtidos pelo método de percolação, observaram-se os seguintes resultados: utilizando extratos de casca adulta, na concentração de 75% ocorreu o maior pico do desenvolvimento radicular, juntamente com extratos do pseudofruto e da raiz jovem, onde foi sensível ao efeito hormese decrescendo até a concentração final de 100%; com extratos da casca jovem ocorreu maior pico do desenvolvimento radicular em concentração de 25%, decrescendo no percentual de 75%, permanecendo igualmente a 100%; com o uso do extrato da raiz adulta ocorreu o maior efeito hormético da radícula na concentração de 25%, decrescendo até a concentração 100%; para a utilização do extrato da semente o efeito hormético ocorreu na concentração de 25%, decrescendo até 100% (Figuras 20 e 22).

Nos dois métodos de extração, maceração e percolação, os extratos obtidos pela maceração da casca jovem, seguido pela maceração da raiz jovem foram os que mais influenciaram o efeito hormése da radícula, comparadas com o grupo controle. Já nos extratos obtidos pelo método de percolação da casca adulta, igualmente ao do pseudofruto, seguido pela da raiz jovem foram as que mais influenciaram no efeito hormético. Ainda foi observado que o maior decréscimo entre os dois métodos que ocorreu o efeito hormése foi na utilização dos extratos obtidos por maceração da folha adulta e, também, pela percolação folha adulta. Não houve diferença entre os dois métodos de extração tanto para o material fresco e seco (Figuras 19 e 20).

4.5 Avaliação da atividade alelopática no bioensaio do crescimento inicial

4.5.1 Comprimento das raízes

Para a variável analisada (comprimento da raiz), verificou-se que ocorreu interação tripla significativa ($p \leq 0,05$) para os parâmetros estudados (concentração, método de extração e caracteres morfológicos da planta). Os extratos de todos os caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis*, para ambos os métodos de extração, influenciaram no crescimento da raiz das plântulas de *Parapiptadenia rigida* (Anexo 3).

Alguns extratos, no entanto, se caracterizaram por inibir totalmente o crescimento da raiz (média de comprimento da raiz igual a zero). Estes extratos estão relacionados na Tabela 27.

Verificou-se que todas as amostras apresentaram resultados para a média de comprimento da raiz com valores inferiores ao do grupo controle, independente do extrato ou da concentração. Os extratos provenientes das combinações: percolação da casca jovem a 50% e percolação da semente a 50%, apresentaram valores superiores ao crescimento quando comparados com os mesmos extratos, porém com concentração a 25%.

As amostras que receberam extratos provenientes da percolação da semente nas concentrações 25% e 100% não afetou o comportamento das raízes.

Tabela 27 – Combinações dos extratos de *Hovenia dulcis* que proporcionaram valores médios do comprimento da radícula das sementes de *Parapiptadenia rigida* igual a zero. Santa Maria, RS, 2011.

Concentração (%)	Combinação
50	MRA-Maceração da Raiz Adulta; PRA-Percolação da Raiz Adulta
100	PCJ-Percolação da Casca Jovem; PFA-Percolação da Folha Adulta; PFJ-Percolação da Folha Jovem; PRJ-Percolação da Raiz Jovem; PPF-Percolação do Pseudofruto; MCJ-Maceração da Casca jovem; MFA-Maceração da Folha Adulta; MRJ-Maceração da Raiz Jovem; MPF-Maceração do pseudofruto

Pelo método de extração por maceração é possível afirmar que o comprimento das raízes de *Parapiptadenia rigida* diminui com o aumento da concentração do extrato dos diferentes caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis*, culminando com valores médios igual a zero para os extratos MCJ, MFA, MPF, MRA e MRJ na concentração 100% (Tabela 28).

Tabela 28 – Valores médios do comprimento das raízes (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	MCA**	MCJ**	MFA**	MPF**	MRA**	MRJ**	MS**
0	4.32743A	4.6563A	6.7383A	5.1413A	5.3394A	6.3539A	4.6931 ^a
25	1.38036B	1.8447B	2.2267B	0.8625B	3.0135B	2.7021B	3.6356AB
50	0.84500C	0.6615C	1.1750C	0.8671B	0.0000C	2.3854B	2.6831B
100	0.56250C	0.0000C	0.0000D	0.0000C	0.0000C	0.0000C	1.4467C
CV(%)	7,807	26,528	12,734	23,668	29,490	12,737	18,021

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Pela Tabela 28 observa-se que o grupo controle apresenta valores médios maiores para o comprimento das raízes de *Parapiptadenia rigida* ao utilizar os extratos MFA, MRA e MRJ e os menores valores para MCA, MCJ e MS. Na concentração 25%, os maiores valores aparecem nos extratos MRA, MRJ e MS enquanto que os menores valores apresentados estão associados aos extratos MCA, MCJ e MPF. Na concentração 50%, as maiores médias são para os extratos MRJ e MS enquanto que os menores valores do comprimento da raiz ocorrem quando se utiliza os pelos extratos MCJ e MRA. As plântulas cultivadas na concentração 100% não apresentaram valores para o crescimento para os extratos MCJ, MFA, MPF, MRA e MRJ, isto é, não houve desenvolvimento da raiz.

Tabela 29 – Valores médios do comprimento das raízes (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)			
	0**	25**	50**	100**
MCA	4.3274C	1.3804DE	0.8450B	0.5625B
MCJ	4.6563C	1.8447CDE	0.6615BC	0.0000C
MFA	6.7383A	2.2267BCD	1.1750B	0.0000C
MPF	5.1413BC	0.8625E	0.8671B	0.0000C
MRA	5.3394ABC	3.0135AB	0.0000C	0.0000C
MRJ	6.3539AB	2.7021ABC	2.3854A	0.0000C
MS	4.6931C	3.6356A	2.6831A	1.4467 ^a
CV(%)	12,427	19,998	27,542	41,216

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Os valores médios do comprimento das raízes das plântulas submetidas aos extratos obtidos pelo método da percolação (Tabela 29) apresentaram no grupo de referência valores estatisticamente maiores em relação às demais concentrações. De maneira geral, a medida que as concentrações dos extratos aumentam, diminuem o comprimento das raízes de angico vermelho.

Tabela 30 – Valores médios do comprimento das raízes (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	PCA**	PCJ**	PFA**	PFJ**	PPF**	PRA**	PRJ**	PS**
0	5.1408A	6.4025A	5.4051A	3.5756A	4.2894A	7.0953A	4.6599A	6.0500A
25	2.4587B	1.4964C	2.2234B	1.4088B	1.3403B	2.0201B	1.0278B	1.4400B
50	0.8563C	2.4481B	1.3789B	0.8068C	0.9878B	0.0000C	1.1049B	1.9010B
100	0.6524C	0.0000D	0.0000C	0.0000D	0.0000C	0.0000C	0.0000C	1.2596B
CV(%)	29,698	9,235	25,657	9,899	28,249	15,998	26,717	35,631

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Observa-se pela Tabela 30, que o grupo controle apresenta os maiores valores médios do comprimento das raízes nos extratos PCA, PCJ, PFA, PRA e PS os menores valores nos extratos PFJ, PPF e PFJ. Na concentração 25% o comportamento dos extratos obtidos por percolação acontece de forma similar à concentração 0%. Já para concentração 50%, os maiores valores médios são observados nos extratos PCJ e PS enquanto o menor valor foi obtido no extrato PRA. Na concentração 100%, somente os extratos PCA e PS apresentaram valores médios não nulos para o comprimento das raízes.

Tabela 31 – Valores médios do comprimento das raízes (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)			
	0**	25*	50**	100**
PCA	5.1408ABC	2.4587A	0.8563C	0.6524B
PCJ	6.4025AB	1.4964ABC	2.4481A	0.0000C
PFA	5.4051ABC	2.2234AB	1.3789BC	0.0000C
PFJ	3.5756C	1.4088ABC	0.8068C	0.0000C
PPF	4.2894BC	1.3403BC	0.9878C	0.0000C
PRA	7.0953A	2.0201ABC	0.0000D	0.0000C
PRJ	4.6599BC	1.0278C	1.1049C	0.0000C
PS	6.0500AB	1.4400ABC	1.9010AB	1.2596A
CV(%)	17,1776	27,65338	27,35599	30,57467

*F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Maiores percentagens de inibição da radícula de *Parapitadenia rigida* ocorreu no concentrado de 100% chegando a zero de desenvolvimento. Extratos com concentração de 50% inibiram totalmente as radículas quando comparado com grupo controle, mas em outras concentrações como 25% e 50% foram semelhantes entre si (Tabela 31 e Figuras 27 e 28).

Quando aumenta a concentração dos extratos de *H. dulcis* obtidos por percolação ou maceração afeta o desenvolvimento da raiz de *Parapitadenia rigida*.

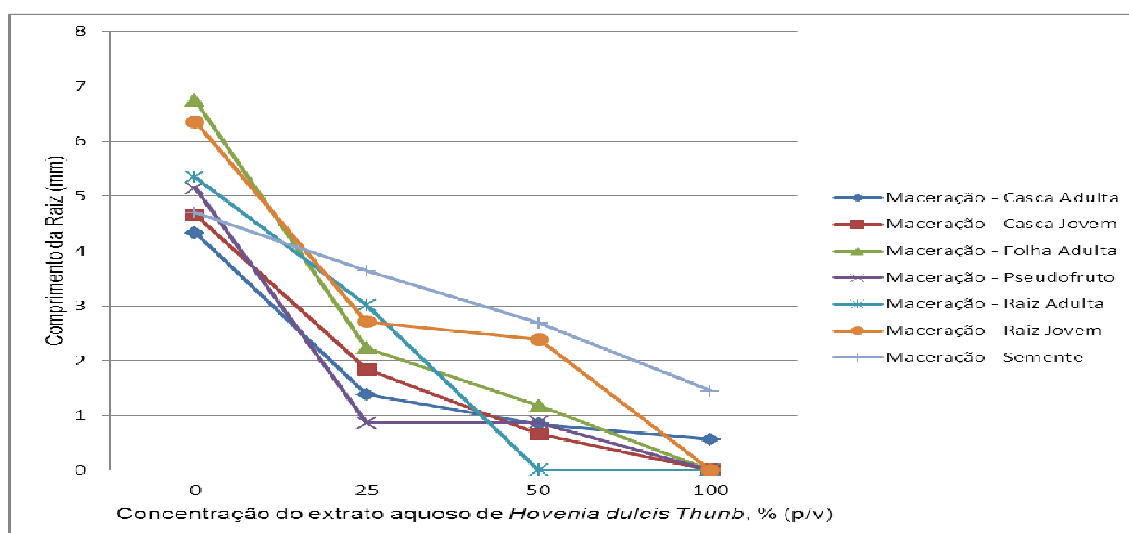


Figura 27 – Valores médios do comprimento das raízes de *Parapitadenia rigida* após as sementes serem submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Quando aumenta a concentração dos extratos de *H. dulcis* obtidos por percolação ou maceração afeta o desenvolvimento da raiz de *Parapitadenia rigida*.

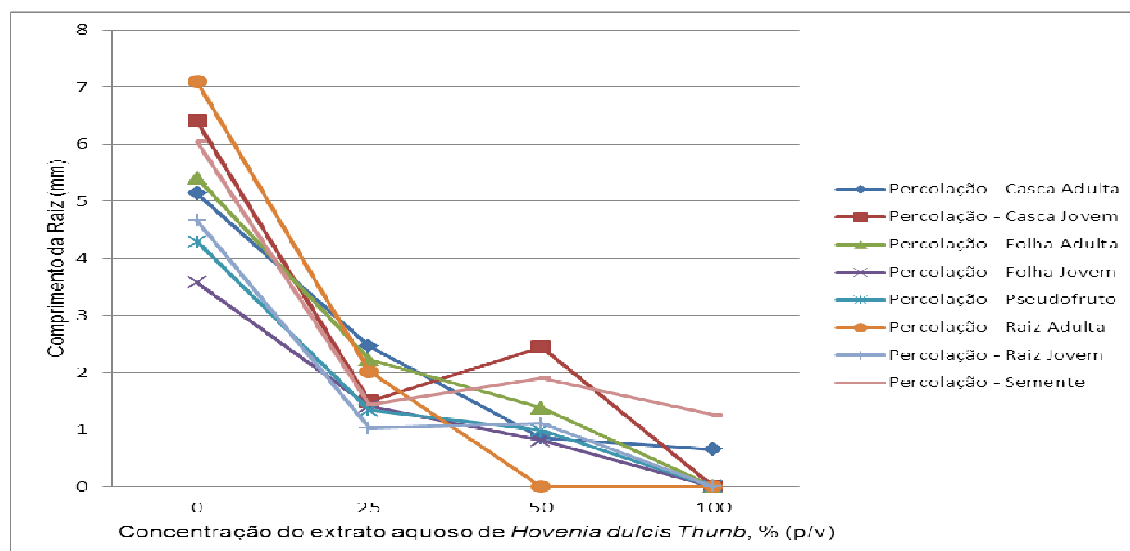


Figura 28 – Valores médios do comprimento das raízes de *Parapitadenia rigida* após as sementes serem submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Em relação à influência alelopática no crescimento das radículas das plântulas de *Parapitadenia rigida*, foi registrada que os extratos obtidos da raiz jovem pelo método maceração (Figura 27) e os extratos da raiz adulta pelo método de percolação (Figura 28) causaram inibição do crescimento no sistema radicular no concentrado de 50%, onde ocorreu anormalidade e crescimento zero.

Verificou-se que todas as amostras apresentaram resultados para a média de comprimento da raiz com valores inferiores ao do grupo controle, independente do extrato ou da concentração. Os extratos provenientes das combinações: percolação da casca jovem a 50% e percolação da semente a 50%, apresentaram valores superiores ao crescimento quando comparados com os mesmos extratos, porém com concentração a 25%.

As plântulas submetidas aos extratos provenientes da percolação da semente nas concentrações 25% e 100% apresentaram comportamento semelhante.

A inibição no crescimento da raiz de *Parapitadenia rigida* ocorreu no concentrado de 100% chegando a zero de desenvolvimento. Extratos com concentração de 50% inibiram totalmente as radículas quando comparado com

grupo controle, mas em outras concentrações como 25% e 50% foram semelhantes entre si (Figuras 27 e 28).

Em relação à influência alelopática no crescimento das raízes das plântulas de *Parapiptadenia rigida*, foi registrada que os extratos obtidos da raiz jovem pelo método maceração (Figura 27) e os extratos da raiz adulta pelo método de percolação (Figura 28) causaram inibição do crescimento no sistema radicular no concentrado de 50%, onde ocorreu anormalidade e crescimento zero.

Para a influência alelopática no crescimento de plântulas foi registrada anormalidade principalmente no sistema radicular, onde as raízes primárias se apresentaram atrofiadas, defeituosas e em alguns casos, praticamente ausentes, principalmente naquelas submetidas a extratos de folhas adultas obtidos por maceração, a extratos de folhas adultas obtidos por percolação, a extratos obtidos do pseudofruto por maceração e extratos obtidos de folhas jovens por percolação. Algumas plântulas também apresentaram raízes curtas e desproporcionais quando submetidas a extratos obtidos de outras estruturas da planta.

Nas variáveis analisadas (partes da planta) pelo método de percolação na concentração dos extratos em 100% não houve crescimento do comprimento da radícula (valor zero) das plântulas de angico-vermelho, quando submetidos aos seguintes extratos: percolação da casca jovem, da folha adulta, da folha jovem, da raiz jovem, do pseudofruto (Figura 28); e maceração da casca jovem, da folha adulta, da raiz jovem e do pseudofruto (Figura 27).

A presença de anormalidade em raízes parece ser um bom parâmetro para registro de anormalidade de plântulas, pois este órgão é mais sensível à ação alelopática que a parte aérea (PIRES e OLIVEIRA, 2001). A avaliação da anormalidade das plântulas é instrumento valioso nos experimentos de alelopatia e a necrose da radícula é o sintoma mais comum da anormalidade (FERREIRA; AQUILA, 2000).

Em bioensaios desta natureza, como na germinação, índice de velocidade de germinação, biometria da radícula e hipocótilo, crescimento inicial e massa seca, a absorção e, conseqüentemente, a concentração das fitotoxinas dos extratos nos tecidos dos órgãos, devido ao contato físico da radícula, ocorre em conseqüência da capacidade de translocação dos aleloquímicos a partir das radículas, causando a bioatividade e ação dos seus compostos potencialmente alelopáticos, que pode ser tanto negativa como positiva.

Estudos de Jacob; Ferreira (1991) observaram que as maiores concentrações dos extratos de *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze inibiram o crescimento da radícula em espécies receptoras, o que foi contrastado nestas pesquisas onde observou-se diferentes ações em função do método de extração e do tecido (órgão) utilizado.

4.5.2 Comprimento do hipocótilo

Para esta variável analisada, verificou-se que ocorreu interação tripla significativa ($p \leq 0,05$) para os parâmetros estudados (concentração, método de extração e caractere morfológico da planta). Os extratos de todos os caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis*, para ambos os métodos de extração, influenciaram no crescimento da radícula das plântulas de *Parapiptadenia rigida* (Anexo 3).

Para o crescimento do hipocótilo de angico-vermelho, verifica-se que todos os extratos obtidos pelo método de maceração, mostram um comportamento semelhante: a medida que a concentração dos extratos aumentam, respostas com valores médios menores são obtidas, ocorrendo assim uma inibição do crescimento do hipocótilo com os extratos mais concentrados (Tabela 32 e Figura 29).

Tabela 32 – Valores médios do comprimento do hipocótilo (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	MCA**	MCJ**	MFA**	MPF**	MRA**	MRJ**	MS**
0	2.3955A	2.72381A	2.3794A	2.3404A	2.69313A	2.7700A	2.4371A
25	1.4179B	1.58264B	0.9500B	1.1827B	0.89365B	1.2864B	1.9067A
50	1.1111C	0.83095C	0.7393B	0.8692C	0.00000C	1.1978B	1.1775B
100	0.7600D	0.00000D	0.0000C	0.0000D	0.00000C	0.0000C	0.8113B
CV(%)	10,262	10,477	14,853	13,410	9,276	11,871	16,122

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

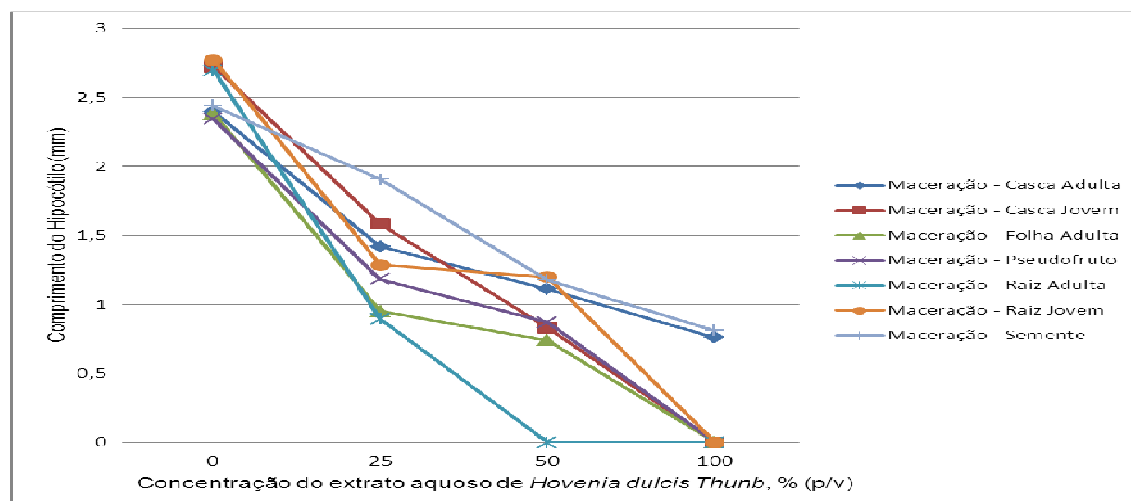


Figura 29 – Valores médios do comprimento do hipocótilo de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Pela Tabela 32 observa-se que, para a concentração 25%, verifica-se que o extrato MS possui ao lado de MCJ os maiores valores médios para o comprimento do hipocótilo enquanto que os extratos MPF, MRA e MRJ apresentam os menores valores. Na concentração 50%, os maiores valores são verificados nos extratos MCA, MRJ e MS e os menores comprimentos do hipocótilo nos extratos MCJ, MFA e MPF. Para a concentração 100%, apenas os extratos MCA e MS apresentaram valores significativos para o crescimento do hipocótilo.

Tabela 33 – Valores médios do comprimento do hipocótilo (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)			
	0*	25**	50**	100**
MCA	2.3955BC	1.4179BC	1.1111AB	0.7600A
MCJ	2.7238AB	1.58264AB	0.8310C	0.0000B
MFA	2.3794BC	0.9500CD	0.7393C	0.0000B
MPF	2.3404C	1.1827BCD	0.8692BC	0.0000B
MRA	2.6931AB	0.8937D	0.0000D	0.0000B
MRJ	2.7700A	1.2864BCD	1.1978A	0.0000B
MS	2.4371ABC	1.9067A	1.1775A	0.8113A
CV(%)	8,386393	15,45733	12,50737	32,05824

*F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Para o crescimento do hipocótilo de angico-vermelho, verifica-se que todos os extratos obtidos pelo método de percolação mostram um comportamento semelhante aos extratos obtidos pelo método da maceração: a medida que a concentração dos extratos aumentam, respostas com valores médios menores são obtidas, ocorrendo assim uma inibição do crescimento do hipocótilo com os extratos mais concentrados (Tabela 33 e Figura 29).

Tabela 34 – Valores médios do comprimento do hipocótilo (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	PCA**	PCJ**	PFA**	PFJ**	PPF**	PRA**	PRJ**	PS**
0	2.8903A	2.4175A	2.4830A	2.2612A	2.6025A	2.4703A	2.6076A	2.2831A
25	1.6881B	1.6850B	1.8163B	1.9038A	1.7313B	1.1831B	1.6306B	1.6725AB
50	1.0411C	1.5350B	1.2819C	1.8947A	1.2931C	0.0000C	1.8177B	1.4160B
100	0.9288C	0.0000C	0.0000D	0.0000B	0.0000D	0.0000C	0.0000C	1.1494B
CV(%)	8,820	13,523	16,883	12,254	11,893	22,473	15,398	19,869

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

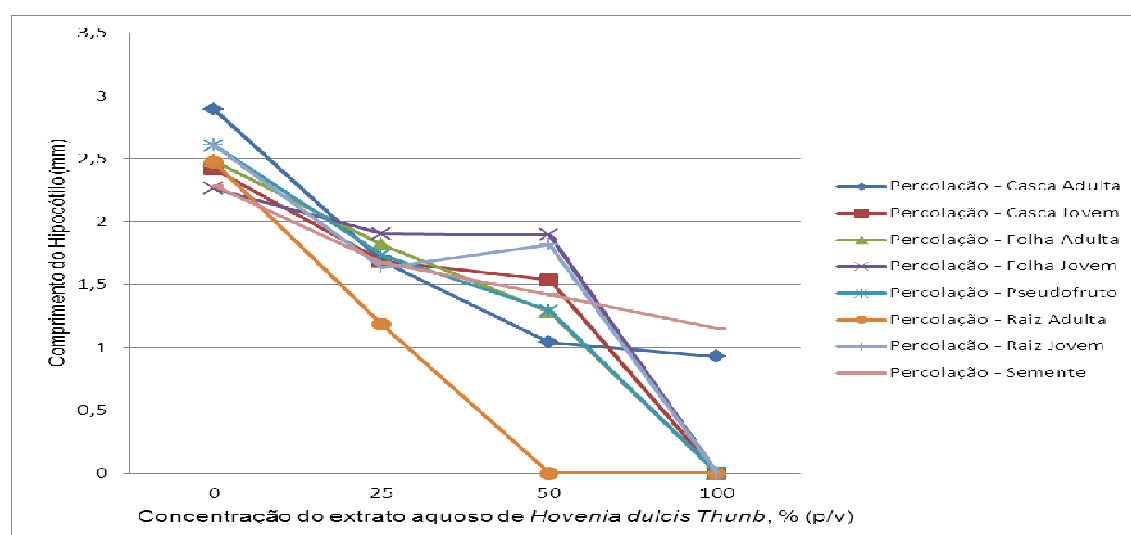


Figura 30 – Valores médios do comprimento do hipocótilo de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Pelo método de extração por percolação (Tabela 34 e Figura 35) o grupo controle apresenta valores para o comprimento do hipocótilo muito similares para

todos os extratos embora haja diferença estatística entre eles, o mesmo ocorre para a concentração 25%. Já a concentração 50% apresenta valores médios mais elevados nos extratos PCJ, PFJ, PRJ e PS enquanto o extrato PRA apresenta valor médio nulo. Na concentração 100% apenas os extratos PCA e PS apresentaram valores diferentes de zero para o comprimento do hipocótilo. Os extratos de *Hovenia dulcis* da casca jovem, folha adulta, folha jovem, pseudofruto, raiz adulta e raiz jovem inibem o hipocótilo de *Parapiptadenia rigida*.

A Tabela 35 apresenta os extratos dos caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* que inibiram totalmente o crescimento do hipocótilo de *Parapiptadenia rigida* (crescimento zero).

Os extratos de *Hovenia dulcis* apresentaram efeitos alelopáticos, no comprimento do hipocótilo, que foi inferior no grupo tratado, em comparação ao do grupo controle, independente do extrato ou da concentração.

Os extratos obtidos das raízes de indivíduos adultos, tanto por percolação como por maceração, foram os que mais inibiram o crescimento do comprimento do hipocótilo das plântulas da espécie receptora, como pode ser verificado nas Figuras 29 e 30, uma vez que foi observada massa média do hipocótilo igual a zero já na concentração de 50%.

Tabela 35 – Valores médios do comprimento do hipocótilo (mm) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)			
	0*	25*	50**	100**
PCA	2.8903A	1.6881AB	1.0411C	0.9288A
PCJ	2.4175B	1.6850AB	1.5350ABC	0.0000B
PFA	2.4830AB	1.8163A	1.2819BC	0.0000B
PFJ	2.2612B	1.9038A	1.8947A	0.0000B
PPF	2.6025AB	1.7313AB	1.2931BC	0.0000B
PRA	2.4703AB	1.1831B	0.0000D	0.0000B
PRJ	2.6076AB	1.6306AB	1.8177AB	0.0000B
PS	2.2831B	1.6725AB	1.4160ABC	1.1494A
CV(%)	9,545023	14,56866	18,76942	46,0375

*F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Os demais extratos a 50% apresentaram uma inibição mais acentuada em relação aos mesmos extratos a 25% e correspondem aos extratos obtidos por maceração das sementes, maceração da casca jovem, maceração da raiz adulta, percolação da folha adulta, percolação da casca adulta e percolação da raiz adulta.

Tabela 36 – Extratos de *Hovenia dulcis* e respectivas concentrações que apresentaram valores médios do comprimento do hipocótilo das sementes de *Parapiptadenia rigida* igual a zero. Santa Maria, RS, 2011.

Concentração (%)	Extratos classificados segundo método de extração/caracter macromorfológico / classe de desenvolvimento
50	MRA-Maceração Raiz Adulta; PRA-Percolação Raiz Adulta
100	PCJ-Percolação Casca Jovem; PFA-Percolação Folha Adulta; PFJ-Percolação Folha Jovem; PPF-Percolação Pseudofruto; PRA-Percolação Raiz Adulta; PRJ-Percolação Raiz Jovem; MCJ-Maceração Casca Jovem; MFA-Maceração Folha Adulta; MPF-Maceração Pseudofruto; MRA-Maceração Raiz Adulta; MRJ-Maceração Raiz Jovem.

As mesmas considerações podem ser feitas quando forem comparados os efeitos dos extratos, a 50% e 100%, obtidos por percolação das sementes, percolação da casca adulta, maceração da casca adulta e maceração das sementes, pois os mesmos apresentaram comportamento semelhante. Todos os demais extratos a 100% causaram interferência na média do comprimento do hipocótilo em relação àqueles correspondentes à 50% de concentração. Para a variável comprimento do hipocótilo obteve-se também resultados onde o comprimento do hipocótilo não desenvolveu.

Os comprimentos dos hipocótilos de plântulas de *Parapiptadenia rigida* que sofreram a ação dos extratos obtidos pelos dois métodos de extração utilizados, maceração e percolação, considerando-se todos os caracteres morfológicos, de indivíduos jovens e adultos, bem como as diferentes concentrações dos extratos de *Hovenia dulcis* utilizados nos testes, foram comparados em relação à inibição da média dos seus crescimentos. Nesta comparação, foi observado que, o extrato obtido por maceração da casca adulta, teve uma influência semelhante no hipocótilo em relação àquela causada pelo extrato obtido por percolação da casca adulta, tanto na concentração a 25% como em 50%. No entanto, no caso do extrato obtido por percolação da casca adulta, foi observada uma inibição mais acentuada em 50%,

em relação aos extratos correspondentes na concentração de 25%. O extrato obtido por maceração da casca jovem, quando comparado àquele obtido por percolação do mesmo carácter morfológico, ambos na concentração de 50%, apresentaram uma acentuada inibição, em relação aos mesmos extratos quando testados na concentração de 25%.

Em relação aos extratos obtidos a partir da percolação da raiz, a concentração de 50% teve um comportamento semelhante à concentração de 25%. Tanto os extratos obtidos por maceração da folha adulta como no caso dos extratos obtidos por percolação da folha adulta tiveram comportamento semelhante nas concentrações de 50% e 25% no hipocótilo de plântulas de *Parapiptadenia rigida*. No caso dos extratos obtidos por maceração da raiz adulta e percolação do mesmo carácter morfológico, somente para a concentração 25% houve o desenvolvimento do hipocótilo, pois para as concentrações 50% e 100% a inibição foi eficiente. Comportamento foi semelhante que apresentaram a inibição a 50% mais acentuada em relação a concentração de 25%. Em relação aos extratos obtidos por maceração da raiz do indivíduo jovem e percolação do mesmo órgão vegetal, observou-se um comportamento semelhante entre as concentrações de 25% e 50%. Os extratos obtidos das sementes, tanto por maceração quanto por percolação, apresentaram uma inibição mais acentuada na concentração de 50%, em relação aos mesmos extratos quando testados a 25%.

Tais resultados podem ser melhor visualizados pelas Figuras 31 a 45. Nelas podem ser observados o desenvolvimento inicial das plântulas de *Parapiptadenia rigida* submetidas as diferentes dosagens dos extratos dos caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* para ambos os métodos de extração, onde pode-se verificar que o crescimento diminui a medida que aumenta a dosagem de todos os extratos. Isso comprova o efeito alelopático da espécie *Hovenia dulcis*.

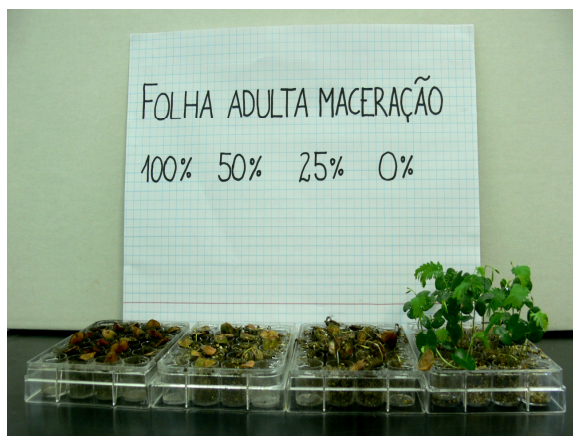


Figura 31 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de folhas adultas de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.

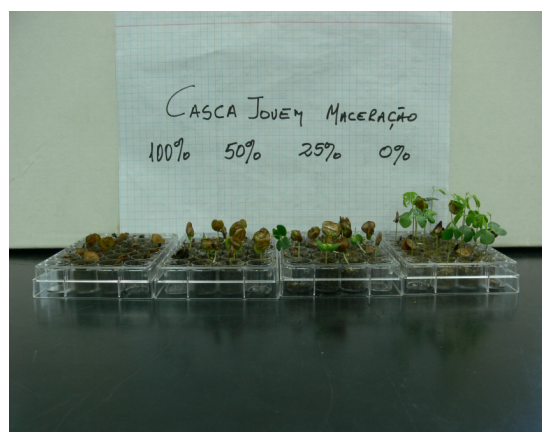


Figura 32 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de cascas jovens de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 33 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de cascas adultas de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 34 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de raízes jovens de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 35 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de raízes adultas de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 36 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de pseudofrutos de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 37 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por maceração de sementes de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.

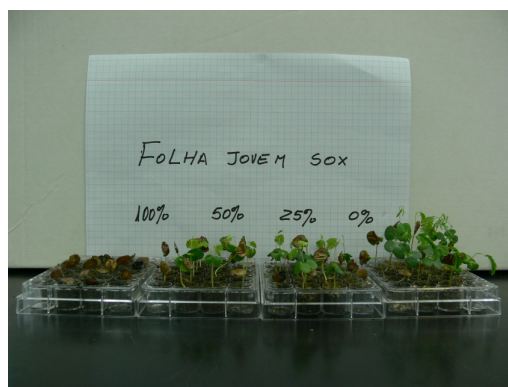


Figura 38 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de folhas jovens de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 39 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de folhas adultas de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 40 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de cascas jovens de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.

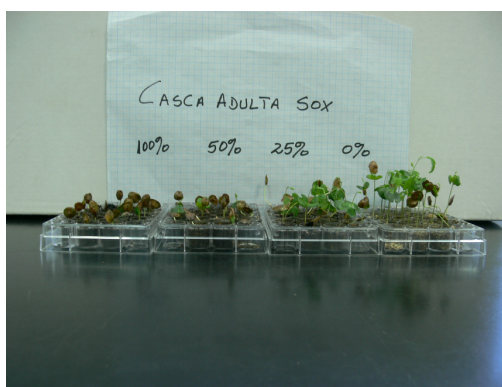


Figura 41 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de cascas adultas de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 42 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de raízes jovens de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 43 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de raízes adultas de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 44 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de pseudofrutos de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.



Figura 45 – Crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida* cultivadas em substrato impregnado com o extrato obtido por percolação de sementes de *Hovenia dulcis* nas concentrações de 100%, 50%, 25% e 0% (controle). Santa Maria, RS, 2011.

4.5.3 Massa seca da radícula

Para esta variável analisada, verificou-se que ocorreu interação tripla significativa ($p \leq 0,05$) para os parâmetros estudados (concentrações, método e parte da planta). Os extratos de todos os caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis*, para

ambos os métodos de extração, influenciaram na massa seca da radícula das plântulas de *Parapiptadenia rigida* (Anexo 4).

Pela análise estatística (Tabela 37 e Figura 46), observa-se que os valores médios da massa seca da raiz de angico-vermelho das plântulas submetidas a todos os extratos dos caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de maceração apresentaram comportamento semelhantes, ou seja, a medida que as concentrações aumentam, diminui a massa seca radicular de *Parapiptadenia rigida*, demonstrando que existe uma inibição do crescimento e por consequência um valor médio menor para a massa seca da raiz.

Tabela 37 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	MCA*	MCJ**	MFA**	MPF**	MRA**	MRJ**	MS**
0	0.0190A	0.0314A	0.0386A	0.0357A	0.0338A	0.0305A	0.0382A
25	0.0087AB	0.0179B	0.0206B	0.0167B	0.0202B	0.0168B	0.0284B
50	0.0080B	0.0144B	0.0169B	0.0175B	0.0000C	0.0107C	0.0236BC
100	0.0078B	0.0000C	0.0000C	0.0000C	0.0000C	0.0000D	0.0158C
CV(%)	45,896	26,218	28,383	22,465	9,315	16,220	16,781

*F-teste significativo a 5%. **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Pela Tabela (37) observa-se que o grupo controle apresentou no extrato MCA valores médios da massa seca da raiz de angico vermelho com resultados inferiores aos demais extratos. Para a concentração 25%, os maiores valores foram verificados para os extratos MS, MFA, MCJ e MRA enquanto que os menores valores foram apresentados nos extratos MCA, MCJ, MPF e MRJ. Na concentração 50%, verificou-se que as maiores médias estão associadas aos extratos MS e MPF e as menores aos extratos MCA e MRJ.

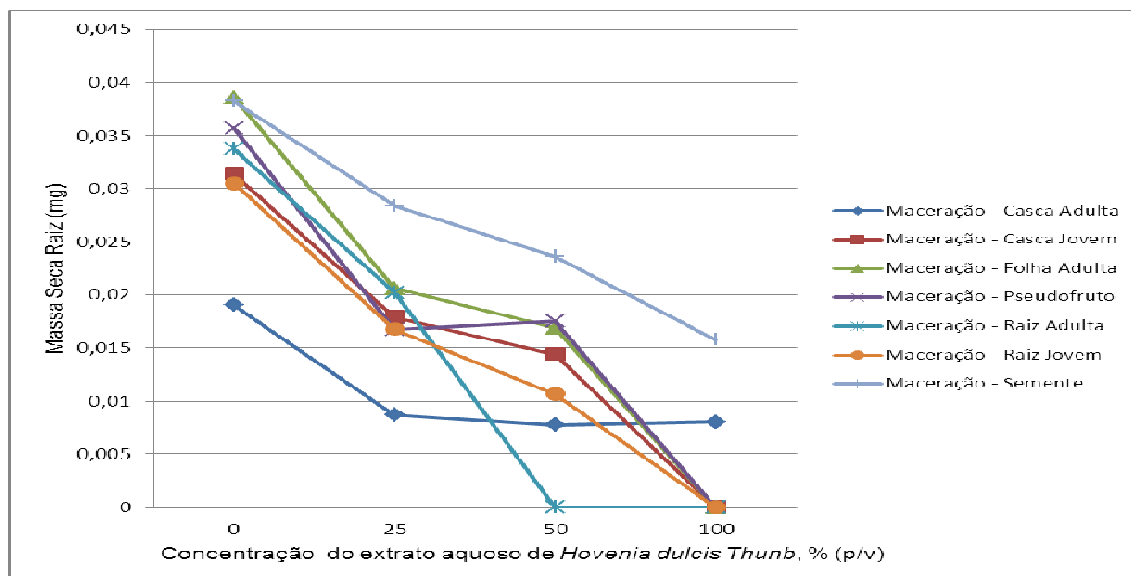


Figura 46 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, 2011.

Os extratos que atuaram como inibidores do desenvolvimento da raiz apresentando massa seca nula foram MRA nas concentrações 50% e 100% e MCJ, MFA, MPF e MRJ na concentração 100%.

Tabela 38 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)			
	0**	25*	50**	100**
MCA	0.0190B	0.0087C	0.0078D	0.0080AB
MCJ	0.0314A	0.0179ABC	0.0144BC	0.0000B
MFA	0.0386A	0.0206AB	0.0169BC	0.0000B
MPF	0.0357A	0.0167BC	0.0175AB	0.0000B
MRA	0.0338A	0.0202AB	0.0000E	0.0000B
MRJ	0.0305A	0.0168BC	0.0107CD	0.0000B
MS	0.0382A	0.0284A	0.0236A	0.0158A
CV(%)	12,85846	26,75422	21,77323	114,678

*F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Para os extratos obtidos por percolação, os valores médios da massa seca da raiz de angico-vermelho em plântulas também apresentaram comportamentos

semelhantes, ou seja, a medida que as concentrações dos extratos de caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* aumentam, diminuem a massa seca da raiz, havendo inibição do crescimento (Tabela 39 e Figura 47).

Tabela 39 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	PCA**	PCJ**	PFA**	PFJ**	PPF**	PRA**	PRJ*	PS*
0	0.0220A	0.0359A	0.0385A	0.0168A	0.0206A	0.0366A	0.0126A	0.0299A
25	0.0082B	0.0220B	0.0317B	0.0162A	0.0056BC	0.0115B	0.0101AB	0.0146B
50	0.0051B	0.0261B	0.0263B	0.0082AB	0.0092B	0.0000C	0.0101AB	0.020AB
100	0.0047B	0.0000C	0.0000C	0.0000B	0.0000C	0.0000C	0.0000B	0.0143B
CV(%)	44,570	19,628	12,919	47,319	45,902	27,663	72,261	26,557

*F-teste significativo a 5%; **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

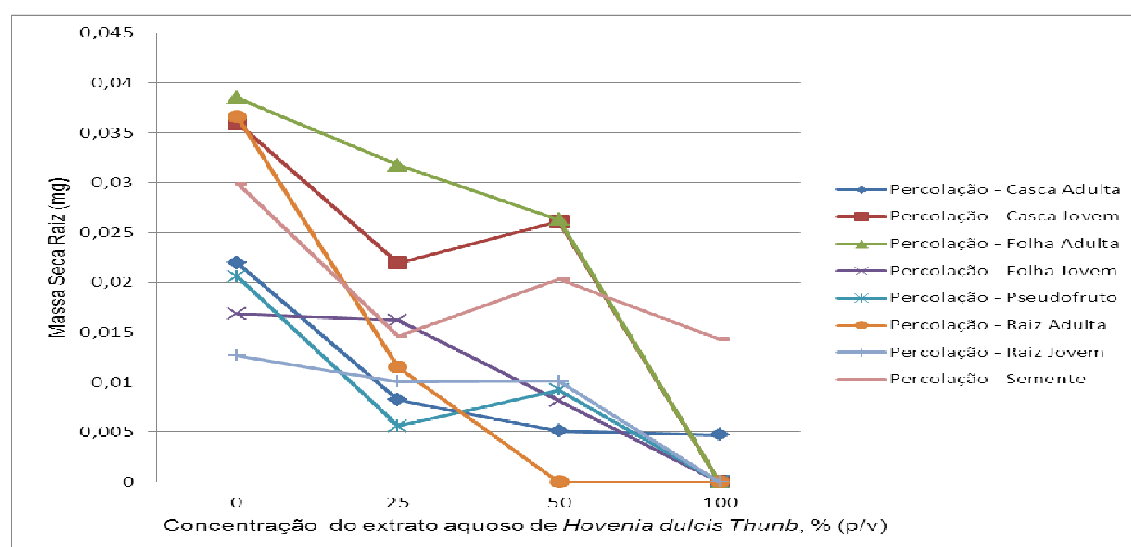


Figura 47 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Pela Tabela 40 observa-se que os maiores valores médios da massa seca da raiz de plântulas de angico-vermelho apresentados para o grupo controle foram obtidos a partir dos extratos PCJ, PFA, PRA e PS e os menores estão associados aos extratos PCA, PFJ, PPF e PRJ. Na concentração 25%, a maior média foi observada junto ao extrato PFA e PCJ enquanto PCA e PPF apresentam os

menores valores médios. Para os extratos PCA e PS na concentração 50%, apresentaram as melhores médias enquanto que na concentração 100% apenas o extrato PS apresentou valor médio diferente dos demais.

Tabela 40 – Valores médios da massa seca da raiz (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)			
	0**	25**	50**	100**
PCA	0.0220BC	0.0082C	0.0051C	0.0047B
PCJ	0.0359A	0.0220AB	0.0261A	0.0000B
PFA	0.0385A	0.0317A	0.0263A	0.0000B
PFJ	0.0168C	0.0162BC	0.0082C	0.0000B
PPF	0.0206BC	0.0056C	0.0092C	0.0000B
PRA	0.0366A	0.0115BC	0.0000C	0.0000B
PRJ	0.0126C	0.0101BC	0.0101BC	0.0000B
PS	0.0299AB	0.0146BC	0.0204AB	0.0143A
CV(%)	19,25538	36,06408	34,10613	90,71142

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Verificou-se que todas as amostras apresentaram valores, para a média de massa seca da raiz de plântulas de *Parapiptadenia rigida*, inferiores ao do grupo controle, independente do extrato ou da concentração utilizados. Os extratos com concentração de 25% que apresentaram a menor variação de massa seca, em relação ao grupo controle, foram aqueles obtidos pelos extratos da folha jovem e da raiz jovem obtidos por percolação, ou seja, esses extratos apresentaram os valores da média de massa seca da raiz muito próximos aos do grupo controle.

Os extratos com concentração a 50% que apresentaram uma variação maior de massa seca em relação ao grupo controle foram os extratos obtidos por maceração da casca jovem, maceração da folha jovem, maceração do pseudofruto, maceração da raiz adulta, maceração da raiz jovem e por percolação da raiz adulta. Já os extratos na concentração de a 50% obtidos por percolação da casca jovem, percolação da raiz jovem e percolação das sementes apresentaram mínima variação, quando comparados com as amostras controle para média de massa seca. Ainda em relação aos extratos a 50%, verifica-se que os obtidos através de

maceração da raiz adulta e percolação raiz adulta apresentaram valores para média de massa seca da raiz igual a zero.

As plântulas que apresentaram massa seca média nula, foram àquelas submetidas aos extratos na concentração de 100% obtidos por maceração das sementes, percolação das sementes, maceração da casca adulta e percolação da casca adulta. Todos os outros extratos tiveram média para massa seca (raiz) igual a zero.

Pode-se observar ainda que os extratos obtidos por percolação da casca adulta e maceração da casca adulta apresentaram a média para massa seca semelhantes para as concentrações 25, 50 e 100%.

A influência dos extratos obtidos pelo método de maceração em relação ao método de percolação de todos os caracteres morfológicos, obtidos de indivíduos jovens e adultos, em todas as concentrações dos extratos da *Hovenia dulcis* testadas sobre plântulas de *Parapiptadenia rigida*, para verificar a diminuição da média da massa seca das radículas foi comparada.

No caso dos extratos testados na concentração de 100%, quando este foi obtido por maceração da casca adulta, comparado com aquele obtido por percolação da casca adulta, foi verificado que ambos apresentaram média para a massa seca diferente de zero.

Em relação ao extrato obtido por maceração da casca jovem, quando comparado ao extrato correspondente obtido por percolação, nos testes com a concentração de 50%, o primeiro apresentou uma variação maior de massa seca da raiz de *Parapiptadenia rigida* do que o grupo controle, enquanto que no segundo, houve uma variação menor quando comparado às amostras para média de massa seca de raiz de *Parapiptadenia rigida*.

No caso dos extratos obtidos a partir da folha adulta, quando testados na concentração de 50%, o extrato obtido por maceração deste órgão vegetal, apresentou uma variação de massa seca de raiz de *Parapiptadenia rigida* em relação ao grupo controle, quando comparado ao extrato correspondente obtido por percolação, que demonstrou média para a massa seca igual a zero.

Em relação aos extratos obtidos a partir do pseudofruto, quando testados na concentração de 50%, o extrato obtido por maceração apresentou uma variação maior de massa seca quando comparado ao grupo controle, enquanto que para o

extrato obtido por percolação foi observada uma média para a massa seca tendendo ao zero.

Os extratos obtidos a partir das raízes adultas, tanto por maceração quanto por percolação, quando testados nas concentrações de 50% e 100% apresentaram valores para a média de massa seca da radícula igual a zero.

Para os extratos obtidos das raízes de indivíduos jovens, tanto por maceração quanto por percolação, quando testados na concentração de 100%, foi observada média de massa seca igual a zero. No entanto, ambos se diferenciam quando testados em menores concentrações, uma vez que o extrato obtido por percolação, quando testado a 25 e 50%, ocasionou mínima variação em relação ao controle. Já para o extrato obtido por maceração, foram observadas diferenças significativas em relação ao controle para as duas concentrações, tanto a 25 como 50%.

As plântulas submetidas aos extratos obtidos a partir das sementes, pelos dois métodos extrativos, apresentaram massa seca das raízes menor que o controle. No entanto, apenas no caso do extrato obtido por maceração, foi observada uma relação concentração x efeito.

Considerando a variável massa seca da radícula, as plântulas submetidas ao crescimento em substrato com os extratos obtidos por maceração da casca jovem, maceração da raiz jovem, maceração do pseudofruto e maceração da folha adulta foram os que menos influenciaram no desenvolvimento da radícula de plântula de *Parapiptadenia rigida*. No caso das plântulas submetidas aos extratos obtidos por maceração da raiz adulta e maceração da casca adulta, apresentaram valores para massa da radícula igual a zero.

As plântulas submetidas aos extratos obtidos por percolação da casca jovem e folha adulta, quando testados nas concentrações de 25% e 50%, foram as que apresentaram as maiores médias da massa seca da radícula, em comparação aos outros tratamentos nas mesmas concentrações. Comparando-se as plântulas com crescimento em substrato impregnado com os extratos obtidos por percolação das cascas de indivíduos jovens e adultos, apenas as primeiras apresentaram média da massa seca da radícula igual a zero.

No caso das plântulas submetidas aos extratos obtidos por percolação, apenas para dois deles não foi observada média da massa seca da radícula igual a zero, quando testados na concentração de 100% que correspondem àqueles obtidos da casca adulta e semente.

Merecem destaque os extratos obtidos a partir da raiz adulta, tanto pelo método da maceração quanto por percolação, uma vez que foram os únicos para os quais foi observada média da massa seca da radícula igual a zero já na concentração de 50%, o que mostra o efeito alelopático.

4.5.4 Massa seca do hipocótilo

Para a variável massa seca do hipocótilo, verificou-se que ocorreu interação tripla significativa ($p \leq 0,05$) para os parâmetros estudados (concentrações, método e parte da planta). Os extratos de todos os caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis*, para ambos os métodos de extração, influenciaram na massa seca do hipocótilo das plântulas de *Parapiptadenia rigida* (Anexo 4).

Os valores médios da massa seca do hipocótilo do angico-vermelho obtidos pelo método de maceração (Tabela 41 e Figura 48) seguem a mesma tendência dos valores médios da massa seca da raiz, ou seja, concentração e massa (em msg) são inversamente proporcionais, assim, a medida que a concentração aumenta, ocorre uma inibição do crescimento e conseqüentemente a massa seca do hipocótilo das plântulas de *Parapiptadenia rigida* se apresenta com valores baixos ou nulos.

Tabela 41 - Valores médios da massa seca do hipocótilo (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	MCA**	MCJ**	MFA**	MPF**	MRA**	MRJ**	MS**
0	0.0893A	0.1159A	0.1608A	0.1133A	0.1676A	0.1677A	0.1487A
25	0.0466AB	0.0873A	0.0203B	0.0503B	0.0259B	0.0284B	0.0819AB
50	0.0235B	0.0292B	0.0169B	0.0196BC	0.0000B	0.0392B	0.1061A
100	0.0175B	0.0000B	0.0000C	0.0000C	0.0000B	0.0000C	0.0229B
CV(%)	52,212	31,292	13,077	37,037	31,190	19,068	42,507

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

De acordo com a Tabela 41, observa-se que para o método de maceração o grupo controle apresentou resultados mais elevados para média de massa seca do hipocótilo nos extratos MRA, MRJ e MFA e os menores nos extratos MCA, MCJ e MPF.

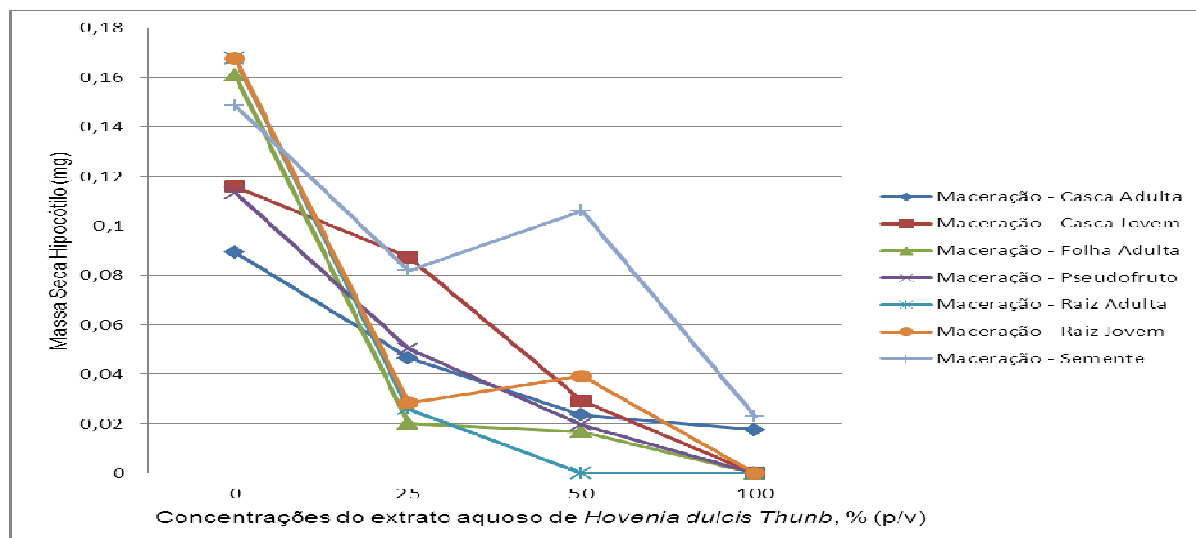


Figura 48 – Valores médios da massa seca do hipocótilo de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Na concentração 25% as maiores médias para os extratos MCJ e MS, e as menores médias estão associadas aos extratos MFA, MRA e MRJ e aos extratos MCA e MPF e não diferem estatisticamente dos maiores valores apresentados nesta concentração. Já para a concentração 50%, o extrato MS apresentou a maior média, diferindo estatisticamente dos demais e na concentração 100% os extratos MS e MCA causaram inibição no desenvolvimento do hipocótilo das plântulas de *Parapiptadenia rigida*.

Tabela 42 – Valores médios da massa seca do hipocótilo (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (extratos da casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente) pelo método de maceração. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)			
	0**	25*	50**	100**
MCA	0.0893D	0.0466AB	0.0235B	0.0175A
MCJ	0.1159BCD	0.0873A	0.0292B	0.0000B
MFA	0.1608AB	0.0203B	0.0169B	0.0000B
MPF	0.1133CD	0.0503AB	0.0196B	0.0000B
MRA	0.1675A	0.0259B	0.0000B	0.0000B
MRJ	0.1677A	0.0285B	0.0392B	0.0000B
MS	0.1487ABC	0.0819A	0.1061A	0.0229A
CV(%)	14,2444	63,24408	58,06504	47,90827

*F-teste significativo a 5%. **F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Pela Tabela 42 e Figura 49 observa-se que os valores médios da massa seca do hipocótilo de angico-vermelho submetidos aos diferentes extratos obtidos de caracteres morfológicos pelo método de percolação seguem a mesma tendência dos valores médios encontrados para os extratos obtidos pelo método da maceração, ou seja, os resultados para a massa seca diminuem a medida que as concentrações aumentam.

Tabela 43 – Valores médios da massa seca do hipocótilo (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes concentrações de extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Concen. (%)	PCA ^{ns}	PCJ ^{**}	PFA ^{**}	PFJ ^{**}	PPF ^{**}	PRA ^{**}	PRJ ^{**}	PS ^{**}
0	0.1153	0.1683A	0.1364A	0.0814A	0.1161A	0.1669A	0.1323A	0.1390A
25	0.1051	0.0172B	0.1208A	0.0839A	0.0761AB	0.0284B	0.1141A	0.1268A
50	0.0840	0.0198B	0.0169B	0.0962A	0.0566B	0.0000C	0.1087A	0.0550B
100	0.0651	0.0000B	0.0000B	0.0000B	0.0000C	0.0000C	0.0000B	0.0088B
CV(%)	34,011	21,073	30,173	26,093	38,319	19,859	15,459	38,711

^{ns} F-teste tratamentos não significativo a 5%; ^{**}F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

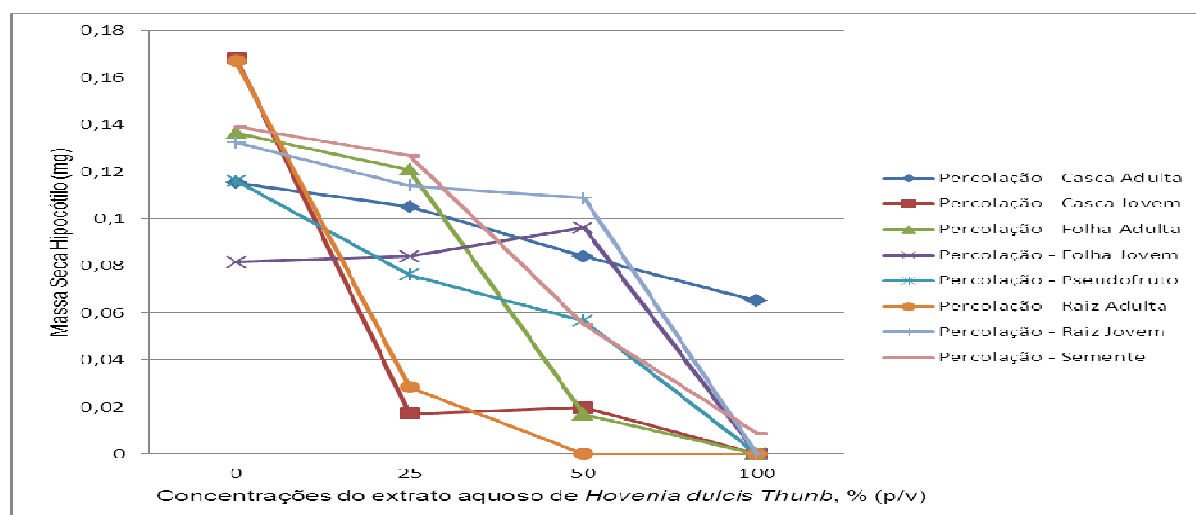


Figura 49 – Valores médios da massa seca do hipocótilo de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Pela Tabela 44 observa-se que, pelo método de percolação, o melhor resultado observado no grupo controle se dá a partir dos extratos PCJ e PRA

enquanto que PFJ apresenta o menor valor médio para a variável observada. A concentração 25% apresenta as maiores médias para os extratos PCA, PFA, PFJ, PPF, PRJ e PS enquanto as menores médias estão associadas aos extratos PCJ, PPF e PRA. A concentração 50% apresentou os maiores valores médios para os extratos PCA, PFJ e PRJ e os menores valores para as combinações PCJ, PFA, PPF, PRA e BC. Para a concentração 100% pode-se verificar valor que somente o extrato PCA apresentou média não nula.

Tabela 44 – Valores médios da massa seca do hipocótilo (mg) de *Parapiptadenia rigida* submetidas à ação de diferentes extratos em quatro concentrações de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto, semente e folha jovem) pelo método de percolação. Santa Maria, RS, 2011.

Extrato	Concentração (%)			
	0**	25**	50**	100**
PCA	0.1153BC	0.1051A	0.0840AB	0.0651A
PCJ	0.1683A	0.0171C	0.0198CD	0.0000B
PFA	0.1364AB	0.1208A	0.0169CD	0.0000B
PFJ	0.0814C	0.0839AB	0.0962AB	0.0000B
PPF	0.1161BC	0.0761ABC	0.0566BC	0.0000B
PRA	0.1669A	0.0284BC	0.0000D	0.0000B
PRJ	0.1323AB	0.1141A	0.1087A	0.0000B
OS	0.1390AB	0.1268A	0.0550BC	0.0088B
CV(%)	15,31365	32,69959	39,6367	157,8232

**F-teste significativo a 1%. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Verificou-se que todas as amostras apresentaram valores, para a média de massa seca do hipocótilo, inferiores ao do grupo controle, independente do método de extração ou da concentração, exceto para os extratos obtidos percolação da folha jovem, nas concentrações de 25% e 50%, que apresentaram média de massa seca do hipocótilo ligeiramente maior que o grupo controle.

Novamente destacam-se os extratos obtidos das raízes de indivíduos adultos, que influenciaram em maior proporção a média da massa seca do hipocótilo das plântulas de *Parapiptadenia rigida*, uma vez que tanto para os extratos obtidos por percolação como por maceração foi observado um valor igual a zero para a concentração de 50%, o que demonstra efeito positivo da ação alelopática.

Os extratos na concentração 25% que apresentaram as maiores diferenças em relação ao grupo controle foram os obtidos por maceração da folha adulta,

maceração da raiz adulta, maceração da raiz jovem, percolação da casca jovem e percolação da raiz adulta. Os extratos testados nesta mesma concentração que apresentaram as menores diferenças de valores na média da massa seca do hipocótilo em relação ao grupo controle foram os obtidos por maceração da casca jovem, percolação da casca adulta, percolação da folha adulta, percolação da folha jovem, percolação da raiz jovem e percolação das sementes.

Em relação aos extratos testados na concentração de 100%, somente quatro apresentaram valores para massa seca do hipocótilo diferente de zero, ou seja, aqueles obtidos por maceração da casca adulta, maceração das sementes, percolação da casca adulta e percolação das sementes. Todos os demais apresentaram valores iguais a zero para média de massa seca do hipocótilo.

Quanto à massa seca do hipocótilo total, comparada pelo método de maceração (Figura 45) em relação ao método de percolação (Figura 46) de todos os caracteres morfológicos, jovens e adultos e concentrações dos extratos da *Hovenia dulcis*, umedecidas em plântulas de *Parapiptadenia rigida*, em relação aos resultados da média da massa seca do hipocótilo, observou-se que apenas alguns valores, como os observados para os alguns extratos nas concentrações de 50 e 100% respectivamente, não diferiram significativamente do grupo controle.

A comparação da ação dos extratos obtidos pelos dois métodos de extração utilizados, maceração e percolação, indicou que aqueles que apresentaram menores valores da massa seca para o hipocótilo foram obtidos por maceração da casca jovem, maceração da folha adulta, maceração do pseudofruto, maceração da casca adulta, percolação da casca jovem, percolação da folha adulta, percolação do pseudofruto e percolação da raiz adulta. Quanto aos extratos que foram responsáveis pelos menores valores de massa seca para o hipocótilo, destacam-se os obtidos por maceração da casca adulta, maceração da raiz adulta, maceração da raiz jovem, maceração da casca jovem, percolação da raiz adulta, percolação da casca jovem, percolação da folha jovem e percolação do pseudofruto. Assim, as concentrações que fazem parte dos dois métodos de extração são: maceração da casca jovem e casca adulta, percolação pseudofruto e raiz adulta.

Quanto à massa seca total, tanto para a radícula como para o hipocótilo, nos testes realizados com os extratos obtidos pelos métodos de maceração e percolação há tendência de diminuição ou de aumento dos valores, quando se comparam os diferentes extratos e suas concentrações (Figuras 46, 47, 48 e 49).

Estudos fitoquímicos e farmacológicos revelaram o grande potencial medicinal da espécie da *Hovenia dulcis*, tendo sido identificadas, nas folhas, saponinas triterpênicas (YOSHIKAWA et al., 1992; YOSHIKAWA, 1993; ALVARENGA, 2007); flavonóides (ALVARENGA, 2007); nas sementes, glicosídeos triterpenóides, diidroflavonóides e diversas saponinas (YOSHIKAWA et al., 1996); em pseudofrutos também foram encontrados glicosídeos triterpenóides e diversas saponinas (YOSHIKAWA et al., 1996) e taninos (ALVARENGA, 2007), enquanto que nas raízes, foram obtidos diversas saponinas e três alcalóides peptídicos (TAKAI et al., 1973 e KENICHI, 1974).

Portanto, nos efeitos da toxicidade aguda ou no efeito hormese, dos extratos etanólicos dos caracteres de *H. dulcis*, tanto pelo método de maceração como de percolação, de todos os extratos, pode-se considerar a influencia nos resultados das análises os efeitos na presença destes nos metabólitos secundários.

4.6 Considerações sobre a interferência alelopátia dos extratos de *Hovenia dulcis*

Verificando-se os resultados obtidos, constata-se que todos os extratos apresentam atividade alelopática em proporções variáveis. No entanto, os estudos realizados indicam que a atividade alelopática de *Hovenia dulcis* sobre *Parapiptadenia rigida* ocorre preponderantemente em dois diferentes momentos do desenvolvimento da espécie utilizada como receptora.

Nos testes de germinação e crescimento inicial, a maior inibição foi detectada ao utilizar o extrato das folhas de indivíduos adultos de *Hovenia dulcis*. Estas, após sua queda e decomposição, misturam-se à serapilheira, e agem sobre as sementes da planta receptora, interferindo no seu desenvolvimento. Para as folhas de *Hovenia dulcis* foi descrita a presença de saponinas triterpênicas (YOSHIKAWA et al., 1992; YOSHIKAWA, 1993; ALVARENGA, 2007) e flavonóides (ALVARENGA, 2007), duas classes de metabólitos secundários para os quais foi descrita uma atividade alelopática.

No caso dos testes para avaliação do crescimento radicular, o maior efeito foi apresentado pelos extratos das raízes de indivíduos adultos de *Hovenia dulcis*. Uma vez que o desenvolvimento da radícula ocorre num estágio subsequente à germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida* que porventura tenham

conseguido desenvolver-se apesar da ação inibidora de substâncias presentes nas folhas, terão o desenvolvimento radicular comprometido, devido à ação de substâncias presentes principalmente nas raízes. Para este carácter macromorfológicos foi descrita a presença de saponinas e três alcalóides peptídicos (hovenidulciosides A1, A2, B1 e B2) e frangulamina (TAKAI et al., 1973; KENICHI, 1974). A classe dos alcalóides tem vários representantes descritos, para os quais foi relatada uma atividade citostática/citotóxica, como por exemplo, os alcalóides presentes em *Catharanthus roseus* (L.) G. Don e *Taxus brevifolia* Nutt..

Segundo Wandscheer et al. (2011), os resultados da investigação da atividade alelopática para as folhas, fortalece a idéia de que a queda das mesmas e a sua eventual substituição na uva-do-japão, além de auxiliar no enriquecimento dos solos, poderia liberar nestes substâncias alelopáticas capazes de impedir o estabelecimento de outras plantas próximas à ela, visto que *Hovenia dulcis* é espécie caducifólia.

A toxicidade biogênica de *Hovenia dulcis* detectada neste estudo permite explicar, pelo menos em parte, o comportamento invasor desta espécie exótica, que se apresenta em aglomerados e com rápida dispersão, ocupando espaço e influenciando a sucessão das plantas nativas.

Estudos realizados por Gomes et al. (2009), sobre o potencial alelopático do extrato aquoso do pseudofruto de *Hovenia dulcis* descreveram a influência do extrato sobre onde foram observados a porcentagem, tempo, velocidade média de germinação e comprimento médio de raiz para alface. Para o desenvolvimento do milho foi analisado o comprimento médio de parte aérea e o peso médio da parte aérea da raiz. No desenvolvimento do milho houve significativa redução no comprimento médio da parte aérea, comprimento de raiz e peso médio da parte aérea, comprovando um efeito alelopático no extrato aquoso deste órgão vegetal em bioensaio de laboratório.

Outro estudo realizado por Ramirez et al. (2009) sobre o potencial alelopático da mesma espécie vegetal, em germinação de alface e desenvolvimento de milho, demonstrou que, com o aumento da concentração do extrato, houve diminuição da porcentagem da germinação das sementes de alface. No desenvolvimento do milho o extrato de *Hovenia dulcis* não afetou significativamente os pesos secos da parte aérea e da raiz. Porém provocou maior crescimento da parte aérea e redução significativa

no comprimento da raiz, com o aumento da concentração, concluindo-se que existe efeito alelopático sobre o milho e alface.

De acordo com Wandscheer et al. (2011) dados obtidos no estudo de alelopatia realizados com extratos aquosos de folhas de *Hovenia dulcis* em condições laboratoriais, indicam que os efeitos verificados sobre a germinação e crescimento das sementes/plântulas de alface são ocasionados pelo potencial alelopático dos extratos, estando o pH e o potencial osmótico desvinculados de possíveis interferências.

Embora o potencial alelopático de *Hovenia dulcis* já tenha sido relatado, os estudos anteriores foram realizados com espécies exóticas cultivadas e, por conseguinte, não fornecem informações sobre o efeito alelopático desta espécie sobre arbóreas nativas, cujo espaço tem sido tomado por invasoras, como é o caso da uva-do-japão.

A literatura descreve vários estudos de atividade alelopática. No entanto, a maioria deles foi realizada utilizando hortaliças como espécie alvo.

Em relação à influência alelopática no crescimento de plântulas de alface e rabanete foi registrada anormalidade principalmente no sistema radicular, onde as raízes primárias se apresentaram atrofiadas, defeituosas, e em alguns casos, praticamente ausentes. Algumas plântulas também apresentaram raízes curtas e desproporcionais em relação às outras estruturas da planta (GATTI et al., 2004).

Anormalidades em plântulas de alface também foram observadas por Medeiros e Luchesi (1993) com o uso de extratos aquosos de ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e por Aquila (2000), com extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hill.). A presença de anormalidade em raízes parece ser um bom parâmetro para registro de anormalidade de plântulas, pois este órgão é mais sensível à ação alelopática que a parte aérea (PIRES; OLIVEIRA, 2001). A avaliação da anormalidade das plântulas é instrumento valioso nos experimentos de alelopatia e a necrose da radícula é o sintoma mais comum da anormalidade (FERREIRA e AQUILA, 2000).

Quando se utilizou papel de filtro umedecido com extrato de folha de *Aristolochia esperanzae* Kuntze na concentração de 50%, também foi observado aumento na altura da parte aérea, se comparado ao grupo controle. Oposto a este resultado, os extratos da folha na concentração de 100% e de raiz na concentração de 50% apresentaram valores que não diferiram estatisticamente do controle (GATTI et al., 2004). Em relação ao comprimento da raiz das plântulas de alface, crescidas

na fibra de coco umedecida com os extratos da folha, caule e raiz da mesma espécie doadora, na concentração de 50%, estes apresentaram valores estatisticamente maiores que os do controle, evidenciando que estes extratos, nesta concentração, estimularam o crescimento do sistema radicular. No entanto, os extratos do caule e raiz, em concentração mais elevada (100%), passaram a inibir o crescimento das raízes (GATTI et al., 2004). Jacobi; Ferreira (1991) observaram que extratos mais concentrados de *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze inibiram o crescimento da radícula de várias espécies cultivadas, como: *Lactuca sativa* L., *Oryza sativa* L., *Daucus carota* L., *Cichorium endívia* L., *Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr., *Cucumis sativus* L., *Brassica oleracea* L., *Lycopersicon esculentum* Mill.

A respeito da biologia reprodutiva de *Hovenia dulcis*, Carminatti e Viana (1992) testando sementes de três estratos de matrizes porta-sementes, observaram que a frutificação inicia entre 3-4 anos no Estado do Rio Grande do Sul. Para diferenciar os caracteres macromorfológicos de indivíduos jovens e adultos de *Hovenia dulcis*, foi considerado o indivíduo adulto após sua primeira frutificação.

O efeito hormético é observado em todos os grupos de organismos como bactérias e fungos, plantas superiores e animais (CALABRESE, 2005), contudo, os efeitos dos aleloquímicos podem variar conforme o órgão da planta onde eles atuam (AQUILA et al., 1999), sendo capazes de causar inibições em um órgão e pequeno incremento em outro, podendo ser um reflexo da fisiologia distinta desses órgãos. Apesar dos resultados correlacionando o efeito alelopático à hormese serem pouco frequentes, trabalhos anteriores já relataram estímulos no crescimento da alface (*Lactuca sativa*), mas explicações deste tipo de ocorrência são científicamente escassas.

Por outro lado, alguns trabalhos sugeriram uma interferência dos aleloquímicos nos fitormônios (AQUILA et al., 1999). Regiosa et al. (1999) relataram que os efeitos dos aleloquímicos, nos diferentes processos fisiológicos de uma planta, são dependentes da concentração ou, ao menos, espera-se que sejam, promovendo ativações em baixas concentrações.

Neste contexto, os autores afirmaram que são comuns os efeitos “em serra”, ou seja, inibições em baixas concentrações e promoções em altas concentrações, pois a quantificação de efeitos secundários reflete a soma não-linear de vários efeitos em nível primário. Os mesmos autores ressaltaram que cada processo fisiológico tem resposta diferente a certas doses de cada aleloquímico em

particular. Entretanto, tais compostos, mesmo em concentrações mínimas, podem agir diretamente sobre a constituição do organismo, ativando ou inibindo o crescimento, assim como o fazem em plantas vizinhas (BLUM, 1999). Segundo Rice (1984), alguns compostos químicos tem atividade alelopática inibitória em altas concentrações e, em menores, podem estimular o mesmo processo.

O interesse da pesquisa em alelopatia dá-se na busca por novas moléculas (COBB, 1992; CHON et al., 2003) e também pela criação de variedades alelopáticas geneticamente modificadas com o auxílio da biotecnologia. Em biotestes com diferentes compostos, em baixíssimas concentrações, a hormese tem sido observada, há muito tempo, na área de pesquisa agrícola e florestal, mas as evidências surgiram a partir de bioensaios com herbicidas, quando diversos autores observaram, em determinantes de curvas dose-resposta, que estas substâncias estimulavam caracteres estudados no material reagente (SCHABENBERGER et al., 1999; WAGNER et al.; 2003; HUNT; BOWMAN, 2004; NICOLA et al., 2004; PEREIRA et al., 2004).

O herbicida glifosato é um exemplo da ocorrência da hormese que, em concentrações muito baixas, instiga o crescimento de plântulas (SCHABENBERGER et al., 1999; SOUZA et al., 2000; WAGNER et al., 2003). No entanto, Forbes (2000) explica que a hormese é uma adaptação evolutiva, que atua para manter a capacidade reprodutiva sob mudanças ambientais. Como exige gasto de energia, nem todos os caracteres exibem hormese simultaneamente e, assim, nem toda a capacidade reprodutiva é estimulada sob baixos níveis de agentes tóxicos (FORBES, 2000).

Depois de considerar a questão do fenômeno hormese e diante da variedade da atuação dos metabólitos secundários, sobremaneira na ação alelopática, os aleloquímicos são considerados como um recurso para o desenvolvimento de herbicidas naturais ou de um estimulante para o crescimento de algumas plantas (GATTI et al., 2004). Como também fungicidas e substâncias de extratos vegetais para o tratamento de madeiras.

5 CONCLUSÃO

A partir dos valores do pH encontrados das diluições dos extratos etanólicos em todas as partes da planta, métodos de extração, plantas jovens e adultas não houve interferência alelopática quanto aos resultados do pH dos extratos de *Hovenia dulcis* na resposta da germinação e crescimento inicial de plântulas de *Parapiptadenia rigida*.

Os rendimentos dos extratos etanólicos dos diferentes caracteres morfológicos obtidos pelos dois métodos de extração testados neste trabalho, o método de percolação foi o que apresentou as maiores porcentagens de rendimento quando comparado ao método de maceração.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que: a presença de distintas substâncias aleloquímicas dos extratos etanólicos das folhas adulta evidenciou anormalidade na germinação e plântulas tanto no hipocótilo como na radícula, nos dois métodos extrativos; maceração e percolação da espécie doadora de *Hovenia dulcis*, sobre a espécie alvo da *Parapiptadenea rigida*, na concentração de 100%.

Nesse sentido, a hipótese é uma afirmação da presença da atividade alelopática da *Hovenia dulcis* Thunb., sobre a germinação e crescimento da espécie *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan que responde ao problema levantado para a pesquisa.

Os extratos vegetais obtidos a partir da casca jovem e adulta, bem como os provenientes do pseudofruto e semente pelo processo de maceração, bem como aqueles obtidos a partir das raízes de indivíduos jovens e adultos pelo processo de percolação, independentemente da concentração, não influenciaram significativamente o processo germinativo nas sementes de *Parapiptadenia rigida*.

Os extratos vegetais obtidos a partir da folha adulta por ambos os métodos e aqueles provenientes da raiz adulta e raiz jovem por meio da maceração, bem como os extratos obtidos por percolação da folha jovem, pseudofruto e semente influenciaram a viabilidade das sementes, resultando plântulas anormais (necrosadas) na concentração de 100%.

Os extratos vegetais obtidos a partir das folhas adultas por ambos os métodos (maceração e percolação) nas concentrações de 100%, foram os que mais inibiram

a média de germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida*. No entanto, uma inibição da germinação significativa foi observada a partir da concentração de 75%.

Para o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), esta variável analisada, verificou-se que, independentemente da concentração, apenas o extrato proveniente da casca adulta pelo processo da maceração não interfere na velocidade de germinação das sementes de *Parapiptadenia rigida*. Os menores índices de velocidade de germinação registrados foram para os extratos de folha jovem percolação a 100% de concentração, bem como os extratos provenientes da folha adulta e do pseudofruto por ambos os métodos. Observou-se também que na concentração 25%, no processo de maceração do pseudofruto e maceração da raiz jovem possuem os maiores valores médio para o IVG enquanto que maceração da folha adulta, maceração da casca adulta e maceração semente apresentam os menores valores.

No desenvolvimento do hipocótilo somente não influenciou os extratos provenientes da Maceração da Casca Adulta (MCA), Percolação da Casca Adulta (PCA) e Maceração da Semente (MSE), independente da concentração. Já para o desenvolvimento da radícula para os parâmetros estudados (concentração, método de extração e caractere morfológico da planta), observou-se que todos os extratos, nas diferentes dosagens, apresentou o efeito hormese no desenvolvimento da radícula. Devido á toxicidade do extrato da raiz jovem pelo método de percolação e maceração a partir da concentração de 25% e 50% ocorreu também o efeito hormese mais acentuado na concentração de 25%, e a partir da concentração de 75%, alterou-se este efeito até 100% onde ocorreu o menor desenvolvimento da radícula em relação ao hipocótilo.

O desenvolvimento das radículas no crescimento inicial, alguns extratos, no entanto, caracterizou-se por inibir totalmente o crescimento da radícula (média de comprimento da radícula igual a zero), tanto na percolação como por maceração. Maiores percentagens de inibição da radícula de *Parapitadenia rigida*, ocorreu no concentrado de 100% chegando a zero (nulo) de desenvolvimento.

Verificou-se também que todas as amostras apresentaram resultados para a média de comprimento da radícula com valores inferiores ao do grupo controle, independente do extrato ou da concentração. Os extratos provenientes das combinações: percolação da casca jovem a 50% e percolação da semente a 50%,

apresentaram valores superiores ao crescimento quando comparados com os mesmos extratos, porém com concentração a 25%.

Pelo método de extração por maceração foi possível afirmar que o comprimento das raízes de *Parapiptadenia rigida* diminui com o aumento da concentração do extrato dos diferentes caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis*, culminando com valores médios igual a zero (nulos) na concentração 100%.

No crescimento inicial no desenvolvimento da radícula, os extratos de todos os caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis*, para ambos os métodos de extração, foi influenciada pela concentração de 100% no crescimento da raiz das plântulas de *Parapiptadenia rigida*.

Para o crescimento do hipocótilo de *Parapiptadenia rigida* verifica-se que todos os extratos obtidos pelo método de maceração, mostrou um comportamento semelhante: a medida que a concentração dos extratos aumentam, respostas com valores médios menores são obtidas, ocorrendo assim uma inibição do crescimento do hipocótilo com os extratos mais concentrados. Pelo método de extração por percolação o grupo controle apresentou valores para o comprimento do hipocótilo muito similares para todos os extratos embora haja diferença estatística entre eles, o mesmo ocorre para a concentração 25%.

Para a variável massa seca da radícula, extratos de todos os caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis*, para ambos os métodos de extração, influenciou nos valores da massa seca da radícula das plântulas de *Parapiptadenia rigida*.

Observou-se que os valores médios da massa seca da raiz de *Parapiptadenia rigida* das plântulas submetidas a todos os extratos dos caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis* obtidos pelo método de maceração e percolação apresentou comportamento semelhantes, ou seja, á medida que as concentrações aumentam, diminui a massa seca radicular de *Parapiptadenia rigida*, demonstrando que existe uma inibição do crescimento e por consequência um valor médio menor para a massa seca da raiz. Merecem destaque os extratos obtidos a partir da raiz adulta, tanto pelo método da maceração quanto por percolação, uma vez que foram os únicos para os quais foi observada média da massa seca da radícula igual a zero ou nula já na concentração de 50%, o que mostra o efeito alelopático.

Os extratos de todos os caracteres morfológicos de *Hovenia dulcis*, para ambos os métodos de extração, influenciou na massa seca do hipocótilo das plântulas de *Parapiptadenia rigida*.

Os valores médios da massa seca do hipocótilo de *Parapiptadenia rigida* obtidos pelo método de maceração seguem a mesma tendência dos valores médios da massa seca do hipocótilo, ou seja, concentração e massa (em mg) são inversamente proporcionais, assim, a medida que a concentração aumenta, ocorre uma inibição do crescimento e conseqüentemente a massa seca do hipocótilo das plântulas de *Parapiptadenia rigida* se apresenta com valores baixos ou nulos.

Verificou-se que todas as amostras apresentaram valores, para a média de massa seca do hipocótilo, inferiores ao do grupo controle, independente do método de extração ou da concentração, exceto para os extratos obtidos por percolação da folha jovem, nas concentrações de 25% e 50%, que apresentou média de massa seca do hipocótilo ligeiramente maior que o grupo controle.

Novamente destacam-se os extratos obtidos das raízes de indivíduos adultos, que influenciaram em maior proporção a média da massa seca do hipocótilo das plântulas de *Parapiptadenia rigida*, uma vez que tanto para os extratos obtidos por percolação como por maceração observou-se um valor igual a zero para a concentração de 50%, o que demonstra o efeito positivo da ação alelopática.

Quanto à massa seca total, tanto para a radícula como para o hipocótilo, nos testes realizados com os extratos obtidos pelos métodos de maceração e percolação houve uma tendência de diminuição ou de aumento dos valores, quando se comparam os diferentes extratos e suas concentrações.

6 RECOMENDAÇÕES

A influência em relação ao solo na ação dos aleloquímicos, por sua vez, é pouco discutida na literatura, principalmente em espécies arbóreas nativa. Segundo alguns pesquisadores, as espécies florestais alelopáticas com ocorrência de ação dos aleloquímicos é mais pronunciada em solos arenosos do que naqueles ricos em nutrientes, principalmente com deficiência de fósforo, tipo de textura do solo, porque a ocorrência da inativação e destruição das toxinas são mais lentas em solos pobres. Estudo da influência alelopática no solo na ação dos aleloquímicos em *Hovenia dulcis*, no Brasil é inexistente, portanto seria interessante a realização desta pesquisa para obter informações que possam favorecer o entendimento da atuação capaz de influenciar o crescimento e o desenvolvimento de florestas.

Fenômenos como o rápido desaparecimento de espécies pioneiras, uma longa duração das fases intermediárias ou a regressão a estágios sucessórios secundários foram atribuídos à produção de aleloquímicos. Portanto, entender o papel da alelopatia na sucessão pós-distúrbios é relevante para o sucesso da regeneração florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCALAY, N.; DIAS, L. L.; AMARAL, D. M. I.; ANTONIO, M. G.; SAGRILLO, M.; MELLO, S. C.; RAGAGNIN, L. F. M.; SILVA, N. A. **Informações sobre tecnologia de sementes e viveiro florestal**. Porto Alegre: Instituto de pesquisas de Recursos Naturais Renováveis “AP”, 1988. 9p. (Publicação IPRNR, 22).

ALMEIDA, A. R. P. **Efeito alelopático de espécies de *Brachiaria Griseb.* sobre algumas leguminosas forrageiras tropicais**. 1993. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba.

ALMEIDA, F. S. de. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p.

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

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

ALTIERI, M. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 592 p.

ALVARENGA, L. F., MIRANDA, L. P.; RODRIGUES-DAS-DORES, R. G.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J. Partição por polaridade por cromatografia em camada delgada dos extratos metabólicos dos pseudofrutos, folhas e casca de *Hovenia dulcis*. **Jornal Brasileiro de Fitomedicina**, v. 5, n. 1-2, 2007. Trabalho apresentado no VI Simpósio Brasileiro de Farmacognosia.

AMARAL, D. M. I. do; ARALDI, D. B. Contribuição ao estudo das sementes de essências nativas do Rio Grande do Sul. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n. 43, p. 4-30, 1979.

AN, M.; JOHNSON, I. R.; LOVETT, J. V. **Mathematical modelling of residue allelopathy: the effects of intrinsic and extrinsic factors**. *Plant Soil* 242, 11–22. 2002.

ANAYA, A. L.; ORTEGA, R.C.; NAVA RODRÍGUEZ, V. Impact of allelopathy in the traditional management of agroecosystems in Mexico. In: Rizvi, S.J.H., Rizvi, V. (Eds.), **Allelopathy. Basic and Applied Aspects**. Chapman & Hall, London, 1992 pp. 272–301

ANAYA, A. L.; HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B. E.; PELAYO-BENEVIDES, H. R.; CALERA, M. & FERNANDEZ-LUISELLI, E. Allelopathy in Mexican plants. In: INDERJIT; DAKSHINI, K. M. M. & EINHELLIG, F. A. (Eds.) **Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications**. Washington, American Chemical Society, 1993. p. 224-241

APPEZZATO-DA-GLORIA, B. **Anatomia vegetal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 438 p.

AQUILA, M. E. A.; UNGARETTI, J. A. C.; MICHELIN, A. Preliminary observation on allelopathic activity in *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. **Acta Horticulturae**, v. 502, p. 383-388, 1999.

ARAGÃO, C. F.S. **Desenvolvimento de metodologias analíticas para padronização de extratos de *Cissampelos Sympodialis* EICHL (Milona)**. 2002. 210p., Tese (Doutorado). João Pessoa: Laboratório de Tecnologia Farmacêutica, Universidade Federal da Paraíba, 2002.

ARALDI, D. B.; COSTA, E. C.; SOUZA, D. B.; MACHADO, L. M.; MACHADO, D. N. Avaliação na germinação de sementes de *Schinus terebenthifolius* Raddi., em diferentes recipientes, em relação à percentagem e o índice de infestação e velocidade de ocorrência de fungos. In: I Congresso de Iniciação Científica e Pós-Graduação e 20º Seminário de Iniciação Científica, 2010. UDESC. . Florianópolis. **Anais...** Santa Catarina, p. 606-609.

ASTARITA, L. V.; FERREIRA, A. G. & BERGONCI, J.I. *Mimosa bimucronata*: allelopathy and osmotic stress. **Allelopathy Journal**, 3:43-50, 1996.

BALDWIN, I. T. Mechanism of damage-induced alkaloid production in wild tobacco. **J. Chem. Ecol.** 15, 1661–1680. 1989.

BARCIK, C. **Processos autoalelopáticos na cultura de alfafa (*Medicago sativa* L.) variedade crioula em solos de diferentes textura**. 1999, 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Curitiba, 1999.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C.R. Ecology, Individuals, Populations and Communities (Spanish translation). **Blackwell Science Inc.**, Cambridge, p. 1050, 1995.

BELL, E. A.; CHARWOOD, B. V. (Eds.). **Secondary Plant Products. Encyclopedia of Plant Physiology**, vol. New Series 8. Springer, New York, p. 674. 1980.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento da planta**. FUNEP, Joboticabal. 1988.

BERHOW, M. A. & VAUGHUN, S.F. Higher plant flavonoids: biosynthesis and chemical ecology. In: INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M. & FOY, C.L. (Eds.) **Principles and practices in plant ecology**. Boca Raton, CRC Press, 1999. p.423-438.

BHATT B.P, CHAUHAN, D. S, & TODARIA, P. Effect of weed leachetes on germination and radicles extension of some food crops, **Indian Journal of Plant Physiology**. 36, 170-177. 1994.

BIANCHETTI, A. & RAMOS, A. Quebra de dormência de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taubert) - resultados preliminares. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, (3): 87-95, 1981.

BIONDI, D.; REISSMANN, C. B. Estudo de amostragem para a análise química foliar do dedaleiro (*Lafoensia pacari* St. Hill) na arborização urbana. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo, p. 601-604.

BIRKETT, M. A.; CHAMBERLAIN, K.; HOOPER, A. M.; PICKETT, J. A. Does allelopathy offer real promise for practical weed management and for explaining rhizosphere interactions involving higher plants? **Plant Soil**, 232, 31–39., 2001.

BLANCO, J. A.; SEELY, B.; WELHAM, C.; KIMMINS, J.P.; SEEBACHER, T.M. Testing the performance of FORECAST, a forest ecosystem model, against 29 years of field data in a *Pseudotsuga menziesii* plantation. **Can. J. For. Res. in press**.

BLANCO, J. A. **The representation of allelopathy in ecosystem-level forest models** *Department of Forest Sciences, Faculty of Forestry, The University of British Columbia, Canadá* 2 0 9 (2 0 0 7) 65–77.

BLEASDALE, J. K. A. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1977. 176 p.

BLUM, U. Designing laboratory plant debris – soil bioassays: some reflections. In: INDERJIT, DAKHINI, K. M. N., FOY, C. L., eds. **Principles and practices in plant ecology**. Boca Raton: CRC Press LLC, 1999, p. 17-23

BODE, H. B. & MÜLLER, R. Possibility of bacterial recruitment of plant genes associated with the biosynthesis of secondary metabolites. **Plant Physiol.** v. 132, p. 1153-1161, 2003.

BORGES, E. E. de L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B. de; PIÑA-RODRIGUEZ, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES. 1993. p. 83-135.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992, 365p.

CALABRESE, E. J. Paradigm lost, paradigm found: The reemergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences. **Environ. Pollution**, Geneva, n. 138, p. 378-411, 2005.

CALLAWAY, R. M. **The detection of neighbors by plants**. /TREE/, 17, 104-105. 2002.

CALLAWAY, R. M., ASCHEHOUG, E.T. Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. **Science**. 290, 521–523. 2000.

CALLAWAY, R. M. Effects of soil water distribution on the lateral root development of three species of California oaks. ., 1990. **Am. J. Bot.** 77, 1469–1475.

CARMINATTI, A.F.; SEGER, L.; RUFFATO, R.; GEMIN, S.A. Influência da repicagem em mudas de *Hovenia dulcis* Thun. (uva-do-japão). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. v.2, p.848-860.

CARMINATTI, A.F.; VIANA, M.A. Teste de germinação com a uva-do-japão, testando-se sementes dos três estratos de matrizes portasementes. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. v.2, p.678-685.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.

CARVALHO, P, E, R. Ecologia, silvicultura e usos da uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg). Colombo: **EMBRAPA-CNPFlorestas**, 1994. 24p. (EMBRAPA-CNPFlorestas. Circular Técnica, 23).

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

CASTRO, M. D. L.; GARCÍA-AYUSO, L. E. Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. **Analytica Chimica Acta**, v. 369, p. 1-10, 1998.

CELULOSA ARGENTINA (Buenos Aires, Argentina). **Libro del árbol**. v.1., 3. ed. Buenos Aires, 1973.

CHENG, H. H. A conceptual framework for assessing allelochemicals in the soil environment. In: Rizvi, S.J.H., Rizvi, V. (Eds.), **Allelopathy. Basic and Applied Aspects**. Chapman, Hall, London, pp. 21–29. 1992.

CHIAPUSIO, G.; SÁNCHEZ, A.M.; REIGOSA, M. J.; GONZÁLEZ, L. E.; PELLISIER, F. Do germination indices adequately reflect allelochemical effects on the germination process? **Journal of Chemical Ecology** 23 (11), 2445- 2453.; 1997.

CHON, S. U.; KIM, Y. M.; LEE, J. C. Herbicidal potencial and quantification of causative allelochemicals from several Compositae weeds. **Weed Research**, v. 43, n. 6, p. 444-450, 2003.

CHOU, C. H. The role of allelopathy in subtropical agroecosystems in Taiwan. In: FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A.; JACOBI, U. S.; RIZVI, V. 1992. Allelopathy in Brazil. In: RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. (Eds.) **Allelopathy: basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall. p. 243-250. 1986.

CHOU, C. H. The role of allelopathy in phytochemical ecology. In: Chou, C.H., Waller, G.R. (Eds.), **Phytochemical Ecology: Allelochemicals, Mycotoxins and Insect Pheromones and Allomones**. Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series No. 9, Taipei, ROC, pp. 19–38. 1989.

CHOU, Chang-Hung *et al.* *Allelopathic potential of Acacia confusa and related species in Taiwan*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, n. 12, p. 2131-2150, 1998.

COBB, A. **Herbicides and plant physiology**. London: Chapman & Hall, 1992, 176 p.

CODER, K. D. **Potential Allelopathy in Different Tree Species**. University of Georgia, Daniel B. Warnell School of Forest., 1999. Resources. pp. 1–5 (Extension publication FOR99-003). COLEY, P.D., BRYANT, J.P., CHAPIN III, F.S. Resource availability and plant herbivore defense. *Science* 230, 895–899. 1985.

COLEY, P.D., BRYANT, J.P., CHAPIN III, F.S. Resource availability and plant herbivore defense. **Science**, 230, 895–899. Damman, A.W.H., 1971. Effect of vegetation changes on the fertility of a Newfoundland forest site. *Ecol. Monogr.* 41, 253–270. 1985.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares aromáticas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

D'ANTONIO, C.M., CORBIN, J.D. Effects of plant invaders on nutrient cycling: using models to explore the link between invasion and development of species effects. In: Canham, C.D., COLE, J.J., LAUENROTH, W.K. (Eds.), **Models in Ecosystem Science**. Princeton University Press, Princeton, 2003. pp. 363–384.

DAKSHINI, K. M. M.; FOY, C. L.; INDERJIT. Allelopathy: one component in a multifaceted approach to ecology. In: INDERJIT, DAKHINI, K. M. N., FOY, C. L., eds. **Principles and practices in plant ecology**. CRC Press LLC, 1999, p. 3-14.

DALTON, B. R. The occurrence and behavior of plant phenolic: acids in soil environments and their potential involvement in allelochemical interference interactions: methodological limitations in establishing conclusive proof of allelopathy. In: INDERJIT, DAKHINI, K. M. N., FOY, C. L., eds. **Principles and practices in plant ecology**. CRC Press LLC, 1999, p. 57-74.

DAMMAN, A. W. H. **Effect of vegetation changes on the fertility of a Newfoundland forest site**. Ecol. Monogr. 41, 253–270. 1971.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. S. Sementes florestais. In: DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A.S. (Eds). **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. p.11-82.

DE FEO, V.; DE SIMONE, F.; SENATORE, F. Potential allelochemicals from the essential oil of *Ruta graveolens*. **Phytochemistry**, v. 61, n. 5, p. 573-578, 2002.

DEL MORAL, R.; MULLER, C.H. The allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis*. **Am. Midl. Nat.** 83, 254–282. 1970.

DELACHIAVE, M. E. A.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E.O. Efeitos alelopáticos de losna (*Artemisia absinthium* L.) na germinação de sementes de pepino, milho, feijão e tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 2, p.265-9, 1999.

DIAS, N.A.; **Vigilância sanitária de medicamentos e drogas**. Brasília: Ministério da Saúde, 1980.

DURAM, R. D.; TORTOSA, M. E. The effect of mechanical and chemical scarification on germination of charlock (*Sinapsis arvensis* L.) seeds. **Weed Sci. Technol.**, v. 13, n. 1, p. 155-163, 1985.

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

EINHELLIG, F.A. Allelopathy: current status and future goals. In: Inderjit, Dakshini, K.M.M., Einhekkig, F.A1995.. (Eds.), **Allelopathy, Organisms, Processes and Applications**. American Chemical Society, Washington, DC, pp. 1–24.

EINHELLIG, F.A. Interaction involving allelopathy in crop systems. **Agronomy Journal** 88: 886-893.

EINHELLIG, F.A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. Pp. 171-188. In: A.R. Putnan & C.S. Tang. **The science of allelopathy**. John Wiley & Sons, New York. 1986.

EINHELLIG, F.A. **Mode of allelochemical action of phenolic compounds.** In: Macias, F.A., Galindo, J.C.G., Molinillo, J.M.G. 2004

EINHELLIG, F.A.; LEATHER, G.R. & HOBBS, L.L. Use of *Lemna minor* L. as a bioassay I allelopathy. **Journal of Chemical Ecology**, 11:65-72, 1985.

EIRAS, M.T.S. & CALDAS, L.S. Seed dormancy and germination as concurrent processes. **Rev. Bras. Sem.**, v. 12, p. 85-104,

ELAKOVICH, S.D. Bioassays applied to allelopathic herbaceous vascular hydrophytes. In INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M. & FOY, C.L. (Eds.) **Principles and practices in plant ecology.** Boca Raton, CRC Press, 1999. p.45-56.

ELLIS, R.C.; MOUNT, A.B.; MATTAY, J.P. **Recovery of *Eucalyptus delegatensis* from high altitude dieback after felling and burning the understorey.** Aust. Forestry J. 43, 29–35. 1980.

ESPINDOLA L.S., VASCONCELOS JUNIOR J. R.; MESQUITA M. L., MARQUIE P., PAULA, J.E.; MAMBU L.; SANTANA, J. M. Trypanocidal activity of a new diterpene from *Casearia sylvestris* var. *lingua*. **Planta Med.** 2004; 70 (11):1093-5.

FALKEMBERG, M. B.; DOS SANTOS, R. I. ;SIMÕES, C. M. O. Introdução à análise fitoquímica. **Farmacognosia:** de planta ao medicamento/organizado por CLÁUDIA MARIA OLIVEIRA SIMÕES.et al., 6.ed. – Porto Alegre:Editora da UFRGS; Florianópolis:Editora da UFSC, 2007.

FALKENBERG, M. DE B.; SANTOS, R.I. DOS; SIMÕES, C. M. O. Introdução à análise fitoquímica. In: Simões C.M.O. et al. **Farmacognosia:** da planta ao medicamento. 5ª. ed. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/UFSC, 2004. p. 229-245.

FALKENBERG, M.B. Quinonas. In: SIMÕES, CM.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A. & PETROVICK, P.R. (Eds.) **Farmacognosia:** da planta ao medicamento. Florianópolis, Ed. Universidade Federal de Santa Catarina. 1999. p. 545-570.

FARKAS, G. L.; KIRALY, Z. Role of phenolic compounds in the physiology of plant diseases and disease resistance. **Phytopathol.** Z. 44, 105–150. 1962.

FERREIRA, A. G. & BORGHETTI, F. Interpretação de resultados de germinação. Pp. 209-222. In: Ferreira, A.G. & Borghetti, F. (eds). **Germinação do Básico ao Aplicado**. Porto Alegre, Artmed. . 2004.

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

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A.; JACOBI, U. S. & RIZVI, V. Allelopathy in Brazil. In: RIZVI, S.J.H. & RIZVI, V. (Eds.) **Allelopathy: basic and applied aspects**. London, Chapman & Hall, 1992. p. 243-250.

FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PIÑA RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p. 137-174, 1999.

FISHER, D.C.; KOGAN M.; PAXTON J. Effects of glyceollin, a soybean phytoalexin, on feeding by three phytophagous beetles (Coleoptera: Coccinelidae and Chrysomelidae): dose X response. **Environ. Entomol**, v. 19, p. 78-82, 1990.

FISHER, N.H.; WILLIAMSON, G. B.; WEIDENHAMER, J. D., RICHARDSON, D.R. In search of allelopathy in the Florida scrub: the role of terpenoids. **J. Chem. Ecol.** 20, 1355–1380. 1994

FISHER, R.F. Possible allelopathic effects of reindeer-moss (*Cladonia*) on jack pine and white spruce. **Forest Sci.** 25, 256–260. 1979.

FORBES, V. E. Is hormesis a evolutionary expectation? **Functional Ecology**, v. 14, p. 12-22, 2000.

FRANÇA, S. C. Abordagens biotecnológicas para a obtenção de substâncias ativas. In: SIMÕES, C.M.O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. Ed. Florianópolis/Porto Alegre: UFSC/UFRS, p. 499-525, 2007.

GANG, D. R.; WANG, J.; DUDAREVA, N.; NAM, K. H.; SIMON, J. E.; LEWINSOHN, E.; PICHERSKY, E. Na investigation of the storage and biosynthesis of phenylpropanes in sweet basil. **Plant Physiol.**, v. 125, p. 539-555, 2001.

- GATEHOUSE, A. M. R.; HOWE, D. S.; FLEMING, J. E.; HILDER, V.A.; GATEHOUSE, J. A. Biochemical basis of insect resistance in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) seeds. **J. Sci. Food Agric.**, n. 55, p. 63- 74, 1991.
- GATTI, A.B.; PEREZ, S.C.J.G.A.; LIMA, M.I.S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Bot. Bras.** 18 (3), 459-472. 2004.
- GERSHENZON, J.; McCONKEY, M. E.; CROTEAU, R. B. Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. **Plant Physiol.**, v. 122, p. 205-214, 2000.
- GOMES, F. M.; Hutt, D. R.; Thaliny Bonamigo, T. B.; Souza A. C. B., de ; Fortes, A. M. T. Potencial alelopático do extrato aquoso de pseudofruto de *Hovenia dulcis* Thunb. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal “Desafio para produção de alimentos e bioenergia” 7 a 12 de setembro de 2009 **Anais...** Fortaleza - CE, 2009
- GRAYER, R.J. & HARBORNE, J.B. A survey of antifungal compounds from higher plants. 1982- 1993. **Phytochemistry**, 37: 19-42, 1994.
- GRIME, J.P. Evidence of the existence of three primary strategies in plants and its relevance in ecological and evolutionary theory. **Am. Nat.** 111, 1169–1194.1977.
- HALL, A.B.; BLUM, U. & FITES, R.C. Stress modification of allelopathy of *Helianthus annuus* L. debris on seed germination. **American Journal of Botany**, 69:776-783, 1982.
- HALL, M. H.; HENDERLONG, P. R. Alfalfa autotoxic fraction characterization and initial separation. **Crop. Science**, Madison, v. 29, n. 2, p. 425-428, 1989. 50.
- HARBONE, J. B. Recent advances in the ecological chemistry of plant terpenoids. Pp. 399-426. In: J. B. Harbone & F.A. Tomas-Barberan (eds.). Ecological chemistry and biochemistry of plant terpenoids. **Oxford science publications**, New York. 1991.
- HARBORNE J. B. **Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plant analysis**. Chapman and Hall. 288p. 1988.

HARBORNE, J.B.. **Introduction to Ecological Biochemistry**. Academic Press, London. 1993.

HARPER, J. R.; BALKE, N. E. Characterization of the inhibition of K⁺ absorption in oat roots by salicylic acid. **Plant Physiol.** 68, 1349–1353, 1981.

HELDT, H.-W., **Plant Biochemistry and Molecular Biology**. Oxford University Press, Oxford, p. 522. 1997.

HENRIQUES, A. T.; LIMBERGER, R.P.; KERBER, V.A.; MOREMO, P.R.H.
Alcalóides: generalidades e aspectos básicos. Farmacognosia: de planta ao medicamento/organizado por CLÁUDIA MARIA.

HOAGLAND, R. E. Allelopathic interactions of plants and pathogens. In: MACIAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G. & CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, 1999. v. 1, p. 423-450.

HOGAN, M. E. & MANNERS, G.M. Differential Mallelochemical detoxification mechanism in tissue cultures of *Antennaria microphylla* and *Euphorbia esula*. **Journal of Chemical Ecology**, 17: 167-174, 1991.

HUANG, Z.; LIAO, L.; WANG, S.; CAO, G. Allelopathy of phenolics from decomposing Stump-roots in replant Chinese fir woodland. **J. Chem. Ecol.** 26, 2211–2219, 2000.

HUNT, D. L & BOWMAN, D. A parametric model for detecting hormetic effects in developmental toxicity studies. **Risck Analysis**, v. 24, p. 65-72, 2004.

HUSSAIN, R. A.; LIN, Y.; POVEDA, L. J.; BORDAS, E.; CHUNG, B. S.; PEZZUTO, J. M.; SOEJARTO, D. D. & KINGHORN, D. .Plant-derived sweetening agents: saccharide and polyol constituents of some sweet-tasting plants. **J. Ethnopharmacol**, v. 28, n. 1, p. 103-115, 1990.

INDERJIT & DEL MORAL, R. Is separating resource competition from allelopathy realistic. **The Botanical Review**, 63:221- 227, 1997.

INDERJIT, DAKSHINI, K.M.M. Allelopathic effect of *Pluchea lanceolata* (Asteraceae) on characteristics of four soils and tomato and mustard growth. **Am. J. Bot.** 81, 799–804. 1994.

INDERJIT, MALLIK, A.U. **Can *Kalmia angustifolia* interference to black spruce (*Picea mariana*) be explained by allelopathy?** For. Ecol. Manage. 160, 75–84. 2002.

INDERJIT. Multifaceted approach to study allelochemicals in an ecosystem. In: Reigosa, M.J., Pedrol, N. (Eds.), **Allelopathy: From Molecules to Ecosystems**. Science Publishers Inc., Plymouth, pp. 271–276. 2002.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. **Apresenta artigos sobre conservação ambiental**. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br>. Acesso em: out. de 2010.

JACOBI, U.S. & FERREIRA, A.G. Efeitos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* (DC) OK. sobre espécies cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 26(7): 935-943. 1991.

JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P.; CAVANCANTE, A.de A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P.; CAVANCANTE, A.de A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

JIMÉNEZ-OSORNIO, J.; KUMAMOTO, J.; WASSER, C. 1996. Allelopathic activity of *Chenopodium ambrosioides* L. **Biochemical Systematics and Ecology** 24(3): 195-205.

JOBIDON, R.; THIBAUT, J. R. Allelopathic growth inhibition of nodulated and unnodulated *Alnus crispa* seedlings by *Pupulus balsamifera*. **Am. J. Bot.** 69, 1213–1223. 1982.

JOHNSTONW, M.C. & SOARES, M.A.F. **Hovenia dulcis**. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajai, pt.1 (RAMN): 12-3, 1972.

JORRIN, J.V. & PRATS, E. Allelochemicals, phytoalexins and insect-feeding deterrents: Different definitions for 7-hydroxylated Coumarins. In: MACIAS, F.A.;

GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G. & CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, 1999. v. 1, p. 179-192.

JUNTILA, O. Seed and embryo germination in *S. vulgaris* and *S. reflexa* as affected by temperature during seed development. **Physiol. Plant.**, v. 29, p. 264-268, 1976.

KEANE, R. M.; CRAWLEY, M. J. **Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis**. Trends in Ecology and Evolution, 17 (2): 167-170. 2002.

KENICHI, K. New saponin in the saponin of *Zizyphus jujuba*, *Hovenia dulcis* and *Bacopa monniera*. **Phytochemistry**, v. 13, n. 12, p.2829-2832,1974.

KIMMINS, J.P. **Forest Ecology: A Foundation for Sustainable Forest Management and Environmental Ethics in Forestry**. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, p. 611. 2004.

KIMMINS, J.P.; WELHAM, C.; SEELY, B.; MEITNER, M.; REMPEL, R.; SULLIVAN, T. **Science in Forestry: Why does it sometimes disappoint or even fail us?** Forestry Chron. 81, 723–734. 2005.

KOEPPE, D.E.; ROHRBAUGH, L. M.; RICE E.L.; WENDER, S. H. Pharmacological screening of plant decoctions commonly used in Cuban folk medicine. **Plant Physiol** 23: 258-261. 1970.

KOEPPE, D. E.; ROHRBAUGH, L. M.; RICE, E. L.; WENDER, S. H. The effect of X-radiation on the concentration of scopolin and caffeoylquinic acids in tobacco. **Radia. Bot.** 10, 261–265. 1970a

KOEPPE, D. E.; ROHRBAUGH, L. M.; RICE, E. L.; WENDER, S. H. The effect of age and chilling temperatures on the concentration of scopolin and caffeoylquinic acids in tobacco. **Physiol. Plant**, 23, 258–266. 1970b.

KOEPPE, D. E.; SOUTHWICK, L. M.; BITTELL, J. E. The relationship of tissue chlorogenic acid concentration and leaching of phenolics from sunflowers grown under varying phosphate nutrient conditions. **Can. J. Bot.** 54, 593–599. 1976.

KOHL, K. Allelopathy and water stress of purple nutsedge (*Lyperus rotundus* L.). Master Thesis. University of Hawaii, Honolulu. **Journal of Chemical Ecology** 28(6): 1173-1182. 1993.

KRZYŻANOWSKI, F.C. et al. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo Abrates**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 15-59, 1991.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA. 1983. 683p.

LANST, R. J. Jr. Size reduction. In: LIBERMANN, H.A.; LACHMAN, L.; SCHWARTZ, J.B. (ed.). **Pharmaceutical Dosage Forms: Tablets**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1990. v. 2, p.162-186.

LEHMAN, M.E., BLUM, U., GERIG, T.M. Simultaneous effects of ferulic and *p*-coumaric acids in cucumber leaf expansion in split-root experiments. **J. Chem. Ecol.** 20, 1773–1782. 1994.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Sarvier Editora de Livros Médicos Ltda, 1995, 839 p.

LEPAGE, P.; POLLACK, J. C.; COATES, K. D. Chemical and manual control of thimbleberry (*Rubus parviflorus*) in northwestern British Columbia: a rate and time trial. **West. J. Appl. For.** 6, 99–102. 1991.

LIMA, M.P.M. **Morfologia dos frutos e sementes dos gêneros da Tribo Mimoseae (Leguminosae-Mimosoideae) aplicada à Sistemática**. Rodriguesia 37: 53-78. 1985.

LINO VON POSSER, G.; MENST, L.A. Diversidade biológica e sistema de classificação. **Farmacognosia: de planta ao medicamento/organizado por CLÁUDIA MARIA OLIVEIRA SIMÕES...** et al.,6.ed. – Porto Alegre:Editora da UFRGS; Florianópolis:Editora da UFSC, 2007,

LIST, P. H.; SCHMIDT, P. C. **Phytopharmaceutical Technology**. Boca Raton: CRC, 1989.

LODHI, M.A.K.; KILLINGBECK, K.T. Allelopathic inhibition of nitrification and nitrifying bacteria in a ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Dougl.) community. **Am. J. Bot.** 67, 1423–1429. 1980.

LOGEMANN, E.; PAMISKE, M.; HAHLBROCK, K. Modes of expression and common structural features of the complete phenylalanine ammonialyase gene family in parsley. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 92, p. 5905-5909, 1995.

LOPES, J.C.; SOARES, A.S. Germinação de sementes de *Miconia cinnamomifolia* (Dc.) Naud. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 75, p. 31-39, 2003.

LORENZI, H. **Plantas Medicinais no Brasil**, São Paulo, Plantarum, 512p. 2002.

LOVETT, J. V.; RYUNTYU, M. Allelopathy: broadening the context. In: RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. (Ed.) **Allelopathy: basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 11-19.

LOVETT, J.H. Allelopathy: the Australian experience. In: Putnam, A.R., Tang, C.-S. (Eds.), **The Science of Allelopathy**. John Wiley & Sons, New York, pp. 75–99. 1986.

LU, S.; XU, R.; JIA, J.; PANG, J.; MATSUDA, S. P. T.; CHEN, X. Cloning and functional characterization of a α -pinene synthase from *Artemisia annua* that shows a circadian pattern of expression. **Plant Physiol.**, v. 130, p. 477-486, 2002.

LUQUE DE CASTRO, M. D.; VALCÁRCEL, M.; **Anais**. Chim. Acta 1992, 261, 425.

MA, R.X.; LIU, X.F.; YUAN, G.L.; SUN, S. Allelochemicals and allelopathy from microorganisms in wheat rhizospheres. **J. Environ. Sci.** 9, 108–112. 1997.

MACIAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G. & CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, 1999. v. 1, p. 63-70.

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. 2000.

MAGUIRE J. D. Speed of germination-aid in selection evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Sci** 2: 176-177. 1962.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

MAIRESSE, L. A da SILVA. **Avaliação da bioatividade de extratos de espécies vegetais, enquanto excipientes de aleloquímicos.** Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (UFSM), 2005.

MALHEIROS, A. & PERES, M. T. L. P. Alelopatia: interações químicas entre espécies. In YUNES, R. A. & CALIXTO, J. B. eds. **Planta Medicinalis Sob a Ótica da Química Medicinal Moderna.** Chapecó: Argos. 2001, p. 503-523.

MALLIK, A.U. Conifer regeneration problems in boreal and temperate forest with ericaceous understory: role of disturbance, seedbed limitation, and keystone change. **Crit. Rev. Plant Sci.** 22, 341–366. 2003.

MALLIK, A.U. On the question of paradigm in the science of allelopathy. In: Reigosa, M.J., Pedrol, N. (Eds.), **Allelopathy: From Molecules to Ecosystems.** Science Publishers Inc., Plymouth, pp. 289–297. 2002.

MALLIK, A.U.; PELLISSIER, F. Effects of *Vaccinium myrtillus* on spruce regeneration: testing the notion of coevolutionary significance of allelopathy. **J. Chem. Ecol.** 26, 2197–2207. 2000.

MALLIK, A.U.; ZHU, H. Overcoming allelopathic growth inhibition by mycorrhizal inoculation. In: Inderjit, Dakshini, K.M.M., Einhellig, F.A. (Eds.), **Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications.** American Chemical Society, Washington, DC, pp. 39–57. 1995.

MALLIK, A.U.; ZHU, H., PARK, Y.-G. Overcoming *Kalmia* induced growth in black spruce by micorrhizal inoculation. **J. Kor. For. Soc.** 87, 429–444. 1998.

MARASCHIN-SILVA F, ÁQUILA MEA. Contribuição ao estudo do potencial alelopático de espécies nativas. **Rev Arvore** 30: 547-555. 2006.

MARCHETTI, E. R. Época de coleta, semeadura, tratamento pré-germinativo e métodos de semeadura de espécies florestais cultivadas no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5, 1984, Nova Prata. **Anais.** Nova Prata: Prefeitura Municipal, 1984, v. 2, p. 524-532.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: **Semana de Atualização em Produção de Sementes**, 1. Piracicaba, 1986. Campinas: Fundação Cargill, 1986, p.11-39.

MARCOS-FILHO, J.; CICERO, S.M. & SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARTIN, D. M.; GERSHENZON, J.; BOHLMENN, J. Induction of volatile terpene biosynthesis and diurnal emission by methyl jasmonate in foliage of norway spruce. **Plant Physiol.**, v. 132, p. 1586-1599, 2003.

MARTIN, V.L.; MCCOY, E.L. & DICK, W.A. Allelopathy of crop residues influences corn seed germination and early growth. **Agronomy Journal**, 82: 555-560, 1990.

MARTINS, M. **Flora e fauna e ambiente**. Disponível em ://www.ib.usp.br/gra/ffa/ffa-interacoes.htm. acesso em 26/05/2007.

MATOS, F.J.A. **Introdução à fitoquímica experimental**. 1ª ed. Fortaleza, Edições UFC, 1998. 128p.

MCKEY, D.; WATERMAN, P. G.; MBI, C. N.; GARTLON, J. S.; STRUBRAKER, T.T., 1978. **Phenolic content of vegetation in**

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

MEDEIROS, A. R. M.; CASTRO, L. A. S.; LUCCHESI, A. A. Efeitos alelopáticos de algumas leguminosas e gramíneas sobre a flora invasora. Piracicaba: ESALQ. **Anais...** ESALQ, v. 47, n. 1., p. 1-10, 1990.

MEDEIROS, R. B. de; FOCHT, T Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul. **Revista Agropecuária Gaúcha**, v. 18, n. 1-2, 28p. 2007.

MELKIANA, N.P. Allelopathy in forest in forest and agroecosystems in the Himalayan region. In: Rizvi, S.J.H., Rizvi, V. (Eds.), **Allelopathy: Basic and Applied Aspects**. Chapman & Hall, London, pp. 371–388. 1992.

MENEZES, O. V.; PEDROSO, D. C.; PIVETA G.; MUNIZ, M. B.; MENEZES, N. L. DE.; GARCIA D. C.; LUCIANA ZAGO ETHUR, L. Z.; SANTOS R. F. dos ; TUNES, L. M. Detecção e influência de *Fusarium* spp. na qualidade fisiológica de sementes de pepino. **Cienc. Rural** vol. 41, n. 2, Santa Maria. Epub Feb 11, 2011.

MILLER, D.A. **Allelopathy in forage crop systems**. Agron. J. 88, 854–859. 1996.

MULLER, W.H.; LORBER, P.; HALEY, B.; JOHNSON, K. Volatile growth inhibitors produced by *Salvia leucophylla*: effect on oxygen uptake by mitochondrial suspensions. Bull. **Torrey Bot. Club** 96, 89–95. 1969.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C. et al. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.21.

NEWTON, P.F.; WEETMAN, G.F. Stand density management diagram for managed black spruce stands. **Forest. Chron.** 70, 65–74. 1994.

NICOLA, E.; GALLO, M.; IACARINO, M.; MERIC, S.; ORAL, R.; RUSSO, T.; SORRENTINO, T.; TÜNAY, O.; VUTTARIELO, E.; WARNAU, M.; PAGANO, G. Hormetic versus toxic effects of vegetable tannin in a multitest study. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**. v. 46, n. 3, p. 336-344, 2004.

NIINEMETS, U.; REICHSTEIN, M.; STAUDT, M.; SEUFERT, G.; TENHUNEN, J. D. Stomatal constraints may affect emission of oxygenated monoterpenoids from the foliage of *Pinus pinea*., **Plant physiol.**, v. 130, p. 1371-1385, 2002.

NULTSCH, W. **Botânica geral**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 489 p.

OLIVEIRA SIMÕES...[et al.,]. 6.ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007,

OLOFSDOTTER, M.; WANG, D. & NAVAREZ, D. Allelopathic rice for weed control. In: MACIAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MOLINILLO, J. M. G. & CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, 1999. v. 1, p. 383-390.

OLOFSDOTTER, M.; WANG, D. & NAVAREZ, D. Allelopathic rice for weed control. In: MACIAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G. & CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, 1999. v. 1, p. 383-390

PACHÚ, C. O. **Processamento de plantas medicinais para obtenção de extratos secos elíquidos** / Campina Grande, 2007.102 f.: II Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande, 2007.

PASZKOWSKI, W.L. & KREMER, R.J. Biological activity and tentative identification of flavonoid components in velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.) seed coats. **Journal of Chemical Ecology**, 14:1573-1582, 1988.

PELLETIER, S.W. **Alkaloids chemical and biological perspectives**, 1-6. New York: Willey, 1983-1988.

PELLISSIER, F.; GALLET, C.; SOUTO, X.C. Allelopathic interaction in forest ecosystems. In: Reigosa, M.J., Pedrol, N. (Eds.), **Allelopathy: From Molecules to Ecosystems**. Science Publishers Inc., Plymouth, pp. 257–269. 2002.

PELLISSIER, F.; SOUTO, X.C. Allelopathy in northern temperate and boreal semi-natural woodland. **Crit. Rev. Plant Sci.** 18, 637–652. 1999.

PEÑUELAS, J. Biogeoquímica y termodinámica margalefianas de los cambios globales en los ecosistemas terrestres. In: **Proceedings of Unity in Diversity, a conference on ecology after the legacy of Ramón Margalef**, ComoCaixa Barcelona, November 16–18, p. 29. 2005.

PEREIRA, A. I. A.; RAMALHO, F. S.; COELHO, R. R.; ZANUNCIO, J. C. Hormetic effects of gamma cyhalothrin on the ninfal development of *Podisus nigrispinus* (eteroptera: Pentatomidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 10, Resumos, 2004. Gramado. **Anais...** Gramado: Sociedade Entomológica do Brasil, 2004. p. 277.

PERIOTTO, F.; PEREZ, S. S. J. G. A; LIMA, M. I. S. Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. ex Benth na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Bot. Bras.** 18 (3), 425-430. 2004.

PETROVICK PR, ORTEGA GG, BASSANI V. From a medicinal plant to a pharmaceutical dosage form. A (Still) long way for the Brazilian medicinal plants. **Ciencia e Natura** 49: 364-369. 1997.

PIÑA RODRIGUES, F.C.M.; VIEIRA, J.D. Teste de germinação. In: PIÑA RODRIGUES, F.C.M. **Manual de Análise de Sementes Florestais**. Campinas: Fundação Cargill, 1988, 100p.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; LOPES, B. M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpinifolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 130-136, 2001.

PIRANI, JR; CORTOPASSI-LAURINO, M. **Flores e Abelhas em São Paulo**. São Paulo: EDUSP, 1993.

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, Serv. Pub. Univ. Cadiz, 1999. v. 1, p. 63-70.

PRISTA, L. N.; ALVES, A. C.; MORGADO, R. M. R. **Técnica farmacêutica e farmácia galênica**, 3 ed., vol. 1. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1981.

PUTNAM, A.R. & TANG, C.S. **The science of allelopathy**. New York, John Wiley & Sons, 1986.

QASEM, J. R. & HILL, T. A. On difficulties with allelopathy methodology, **Weed Res.**, 29, p. 345, 1989.

QUADER, M.; DAGGARD, G.; BARROW, R.; WALKER, S.; SUTHERLAND, M.W. Allelopathy, DIMBOA production and genetic variability in accessions of *Triticum speltoides*. **J. Chem. Ecol.** 27, 747–760. 2001.

QÜILA, M. E. A. Efeito alelopático de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Iheringia, Série Botânica**, v. 53, p. 51-66, 2000.

RABELO, S. C.; FILHO, R. M. & COSTA, A. C. A comparison between lime and alkaline hydrogen peroxide pretreatments of sugarcane bagasse for ethanol production. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 148(1-3): 45-58. (2008).

RABOTNOV, T.A. **On the allelopathy in the phytocenoses**. Izo Akad Nauk SSR Ser. Biol. 6, 811–820. 1974.

RAMOS, A.; BIANCHETTI, A.; KUNYIOSHI, Y.S. Influência do tipo e da espessura de cobertura de canteiros na emergência e vigor de sementes de angico (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan.). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, Belo Horizonte, 1982. **Anais...** São Paulo: SBS, 1983. p. 446-448.

REIGOSA, M.J.; PEDROL, N.; S´ANCHEZ-MOREIRAS, A.M.; GONZÁLEZ, L. Stress and allelopathy. In: Reigosa, M.J., Pedrol, N. (Eds.), **Allelopathy: From Molecules to Ecosystems**. Science Publishers Inc., Plymouth, pp. 231–256. 2002.

REIGOSA, M.J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A. M.; GONZÁLEZ, L., 1999 Ecophysiological approach in allelopathy. **Crit. Rev. Plant Sci.** 18, 577–608.

REIGOSA, M.J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A. & GONZÁLES, L. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Science** 18(5): 577-608. 1999.

RESENDE, U.M. et al. Plantas medicinais comercializadas por raizeiros no Centro de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Rev. Bras. Farmacognosia**, Maringá (PR), v. 13, n. 12, p. 83-92, 2003.

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

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

RICE, E.L. **Allelopathy**. New York, Academic Press, 1974.

RICE, E.L., PANCHOLY, S.K. Inhibition of nitrification by climax ecosystems. II. Additional evidence and possible role of tannins. **Am. J. Bot.** 60, 691–702. 1973.

RICHARDSON, D. M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M. G.; PANETTA, D.; WEST, C. J. **Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions**. Diversity and Distributions, 6 (2): 93-107.2000.

RIDENOUR, W.M. & CALLAWAY, R.M. The relative importance of allelopathy in interference: the effects of an invasive weed on a native bunchgrass. **Oecologia**, 126, 444–450. 2001.

RIETVELD, W.J.; SCHELINGER, R.C.; KESSLER, K.J. Allelopathic effects of black walnut on European black alder coplanted as a nurse species. **J. Cehm. Ecol.** 9, 1119–1133. 1983.

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

RIGATTO, P.A.; PEREIRA, J.C.D.; MATTOS, P.P.; SCHAITZA, E.G.I. Características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Hovenia dulcis*. Colombo: **EMBRAPA Florestas**, 2001. 4p. (Comunicado Técnico).

RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. **Allelopathy basic and applied aspects**. London, Chapman & Hall, 1992, p. 243 – 250.

RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. Exploration of allelochemicals in improving crop productivity. In: RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. **Allelopathy: basic and applied aspects**. London, Chapman & Hall, 1992. p. 443 – 472.

RIZVI, S.J.H.; HAQUE, H.; SINGH, U.K. & RIZVI, V. A discipline called allelopathy. In: RIZVI, S.J.H. & RIZVI, H. (Eds.) **Allelopathy: Basic and applied aspects**. London, Chapman & Hall, 1992. p.1-10.

RODRIGUES, K.C.S. **Verificação da atividade alelopática de *Myrciaria cuspidata* Berg. (Camboim)**. Porto Alegre, 78p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002.

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

RODRIGUEZ-CONCEPCIÓN, M. & BORONAT, A. Elucidation of the methylerythritol phosphate pathway for isoprenoid biosynthesis in bacteria and plastids. A metabolic milestone achieved through genomics. **Plant physiol.**, v. 130, p. 1079-1089, 2002.

SAMPIETRO, D.A. **Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia**. Disponível em: <<http://fai.enne.edu.ar/biologia/alelopatia/alelopatia.htm>>. Acesso em: 5 ago. 2001.

SANTOS JUNIOR, N. A.; BRITO, M.F.; BARBOSA, J.M.; SPINOLA, L.A.F.; Alelopatia física da serrapilheira de *pinus* e *eucalyptus* sobre a germinação das sementes de *tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson (Bignoniaceae) e *Cedrella fissilis* Vell. (Miliaceae). In. CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. 54, Belém, PA. **Anais...** Belém: UFPA, 2003.

SANTOS, S.R.G.; AGUIAR, I.B. Germinação de sementes de branquilha *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs em função do substrato e do regime de temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 120-126, 2000.

SCHABENBERGER, O; THARP, B. E.; KELLS, J. J.; PENNER, D. Statitical tests for hormesis and effective dosages in herbicide dose response. **Agron. J.** v. 91, p. 713-721, 1999.

SCHMIDT, S.K.; Lipson, D.A.; Raab, T.K. Effects of willows (*Salix brachycarpa*) on populations of salicylate-mineralizing microorganisms in alpine soils. **J. Chem. Ecol.** 26, 2049–2057. 2000.

SCHNEE, C.; KOLLNER, T. G.; GERSHENZON, J.; DEGENHARDT, J. The maize gene synthase 1 encodes a sesquiterpene synthase catalyzing the formation of (E)-farnesene, (E)-Nerolidol, and (E,E)-farnesol after herbivore damage. **Plant Physiol.**, v. 130, p. 2049-2060, 2002.

SEDREZ DOS REIS, M.; MARIOT, STEEMNBOCK, W. Diversidade e domesticação de plantas medicinais. Farmacognosia: de planta ao medicamento/organizado por CLÁUDIA MARIA OLIVEIRA SIMÕES...[et al.,]. 6.ed. – Porto Alegre:Editora da UFRGS; Florianópolis:Editora da UFSC, 2007.

SILVA, L.M.M.; RODRIGUES, T.J.D.; AGUIAR, B.A. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, 2002.

SILVA, M.C. Efeito da temperatura na germinação de sementes de manduirana (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. – Caesalpinaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 92-99, 2001.

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

SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 5ª ed. Porto Alegre/ Florianópolis: Editora UFRGS/Editora UFSC, 2004.

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

SOARES, G. L. G. et al. Potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de algumas leguminosas arbóreas brasileiras. **Floresta e Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 119-126, 2002.

SOARES, G.L.G. Inibição da germinação e do crescimento radicular de alface (cv. Grand Rapids) por extratos aquosos de cinco espécies de Gleicheniaceae. **Floresta e Ambiente**, v. 7, p. 190-197, 2000.

SONAGLIO D.; ORTEGA G.G.; PETROVICK P.R.; BASSANI V. L. Desenvolvimento tecnológico e produção de fitoterápicos. In: Simões CMO, Schenkel EP, Gosmam. G, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR. **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; 2007.

SOUTO, C.; PELLISSIER, F.; CHIAPUSIO, G. Allelopathic effects of humus phenolics on growth and respiration of mycorrhizal fungi. **J. Chem. Ecol.** 26, 2015–2023. 2000.

SOUZA FILHO, A. P. S.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Efeitos de extratos aquosos de assa-peixe sobre a germinação de três espécies de braquiária. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 93-101, 1996.

SOUZA, A. P.; FERREIRA, F. A.; DA SILVA, A. A.; CARDOSO, A. A.; RUIZ, H. A. Uso da equação logística no estudo de dose-resposta de glyphosate e imapapyr por meio de bioensaios. **Planta Daninha**. v. 18, n. 1, 17-28, 2000.

SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. Efeito de extratos aquosos de meliáceas sobre *Bemisia Tabaci* biótipo B em tomateiro. **Bragantia**, n. 59. v. 2, p.173-179, 2000.

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

STILLNER, F.J.; AMARAL, H. R. B.; PEDROSO, O. & TREVISAN, R. Estudo sobre a madeira da uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunb.). **Roessléria**, v. 5, n. 2, p. 361-370, 1983.

STOEWSAND, G. S.; ANDERSON, J. L.; BROWN, S. K. Blood cholinesterase in rats feed na insect resistance apple clone containing a natural cholinesterase inhibitor. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, n. 41, p. 121 – 127, 1994.

T.ANG H; SEVERINOV K.; GOLDFARB A AND EBRIGHT R.H. **Rapid RNA polymerase genetics**: one-day, no-column preparation of reconstituted recombinant *Escherichia coli* RNA polymerase. Proc Natl Acad Sci. USA,1992, 4902–4906.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAIZ, L. & ZEIGER, F. **Plant Physiology**. Redwood City: The Bejamins/Cumming Publishing. 1998. 565 p.

TAKAI, M.; OGIHARA, Y. & SHIBATA. S. New peptide alkaloids from *Hovenia dulcis* and *H. tomentella*. **Phytochemistry** volume 12, issue 12, December 1973, Pages 2985-2986.

TAYLOR, R.J. & SHAW, D.C. Allelopathic effects of Engelmann Spruce bark stilbenes and tannin-stilbene combinations on seed germination and seedling growth of selected conifers. **Canadian Journal of Ecology**, 61:279-289, 1983.

THIBAUT, R. **Thorie de l'itration et ses applications**: Toulouse, Editions du Centre national de la recherche scientifique (Paris) 1982 264 p.

THOMA, M.; VINATORU, M.; PANIWNKY, L. e MASON, T.J., Investigation of the Effects of Ultrasound on Vegetal Tissues During Solvent Extraction, **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 8, p. 137-142, 2001.

TILMAN, D. **Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 362 p. 1988.

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

VAN ROOYEN, M.W.; THERON, G.K.; VAN ROOYEN, N.; JANKOWITZ, W.J.; MATTHEWS, W.S. Mysterious circles in the Namib Desert: review of hypotheses on their origin. **J. Arid. Env.** 57, 467–485. 2004.

VENDRAMIM, J. D.; CASTIGLIONI, E. Aleloquímicos, resistência de plantas e plantas inseticidas In: **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: Pallotti , ed., 2000, p. 113-128.

VERSFELD, D.B.; VAN WILGEN, B.W. Impact of woody aliens on ecosystem properties. in: MACDONALD, I.A.W.; KRUGER, F.J.; FERRARA, A.A. **The ecology and management of biological invasions in southern Africa**. Cape Town: Oxford University Press. p. 239-246.

VERSFELD, D.B.; VAN WILGEN, B.W., Impact of woody aliens on ecosystem properties. in: MACDONALD, I.A.W.; KRUGER, F.J.; FERRARA, A.A. **The ecology and management of biological invasions in Southern Africa**. Cape Town: Oxford University Press, 1986. p.

VIEIRA, C.; FERNANDES, J.B.; ANDREI, C.C. **Plantas inseticidas. Farmacognosia: de planta ao medicamento/organizado por CLÁUDIA MARIA OLIVEIRA SIMÕES et al.**, 6.ed. – Porto Alegre:Editora da UFRGS; Florianópolis:Editora da UFSC, 2007.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor de sementes**.São Paulo.Funep, 1994. 164p.

VINATORU, M., An Overview of the Ultrasonically Assisted Extraction of Bioactive Principles from Herbs, **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 8, p. 303-313, 2001.

WAGNER, R.; KOGAN, M.; PARADA, A. M. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays L.*). **Weed Biology and Management**, v. 3., n. 4, p. 228-233, 2003.

WALLER, G. R.; GENG, M.; FUJII, Y. Biochemical analysis of allelopathic compounds: plants, microorganismis, and soil secondary metabolites. In: INDERJIT, DAKHINI, K. M. N., FOY, C. L., eds. **Principles and practices in plant ecology**. Boca Raton: CRC Press LLC, 1999, p. 17-23.

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

WARDLE, D.A.; NILSSON, M.-C.; GALLET, C.; ZACKRISSON, O. An ecosystem-level perspective of allelopathy. **Biol. Rev.** 73, 305–319. 1998.

WEIDENHAMER, J.D.; HARTNETT, D.C.; ROMEO, J.T. Density-dependent phytotoxicity: distinguishing resource competition and allelopathic interference in plants. **J. Appl. Ecol.** 26, 613–624. 239-246. 1989.

WERNER, W. Security in laboratory. **Caderno de Farmácia**, v. 9, n. 2, p. 65-70, 1993.

WESTBROOKS, R. **Invasive plants: changing the landscape of America**: fact book. Federal Interagency Committee for the Management of Noxious and Exotics Weeds, Washington D. C., USA, 107 pp. 1998

WESTON, L.A.; HARMON, R.; MUELLER, S., 1989. Allelopathic potential of sorghum–sudangrass hybrid (sudex). **J. Chem. Ecol.** 15, 1855–1865.

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

WILHELM FILHO, D.; SILVA, E. L.; BOVERIS, A. Flavonóides antioxidantes de plantas medicinais e alimentos: importância e perspectivas terapêuticas. In: YUNES, R. A. & CALIXTO, J. B. eds. **Planta Mediciniais Sob a Ótica da Química Medicinal Moderna**. Chapecó: Argos. 2001, p.317-349.

WILLIAMSON, G.B. Allelopathy, Koch's postulates, and the Neck Ridle. In: Grace, J.B., Tilman, D. (Eds.), **Perspectives on Plant Competition**. Academic Press, San Diego, pp. 143–162. 1990.

WILLIAMSON, G.B.; BLACK, E.M. High temperature forest fires under pines as a selective advantage over oaks. **Nature** 293, 634–644. 1981.

WILLIAMSON, G.B.; RICHARDSON, D.R.; FISCHER, N.H. Allelopathic mechanism in fire-prone communities. In: Rizvi, S.J.H., Rizvi, V. (Eds.), **Allelopathy: Basic and Applied Aspects**. Chapman & Hall, London, pp. 57–75. 1992.

WINK, M.; TWARDOWSKI, T., Allelochemical properties of alkaloids. Effects on plants, bacteria and protein biosynthesis. In: Rizvi, S.J.H., Rizvi, V. (Eds.), **Allelopathy: Basic and Applied Aspects**. Chapman & Hall, London, pp. 129–150. 1992.

WOIGT, R. **Pharmazeutische Technologie**, 9. Ausgabe, Stuttgart: Deutscher Apotheker, 2000.

WOLFF, S. **Legislação ambiental brasileira: grau de adequação à Convenção sobre Diversidade Biológica**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil, 73 pp. 2000.

WOLFSON, J.L., MURDOCK, L.L. Growth of *Manduca sexta* on wounded tomato plants: role of induced proteinase inhibitors. **Entomol. Exp. Appl.** 54, 257–264. 1990.

WU, G.; CUI, H.R.; SHU, Q.; XIA, Y.W.; XIANG, Y.B.; GAO, M.W.; CHENG, X. and ALTOSAAR, I. Stripped stem borer (*Chilo suppressalis*) resistant transgenic rice with a *cry1Ab* gene from *Bt* (*Bacillus thuringiensis*) and its rapid screening. **Journal of Zhejiang University**, 2000, vol. 19, no. 3, p. 15-18.

WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. Crop cultivars with allelopathic capability. **Weed Research**, v. 39, p. 171-180, 1999.

XU, D.; XUE, Q.; MAWAL, Y.; HILDER, V. A.; WU, R. Constitutive expression of a cowpea trypsin inhibitor gene, CpTi, in transgenic rice plants confers resistance to two major rice insect pests **Molecular Breeding**, n. 2, p. 167-173, 1996

YAMADA, K.; ANAI, T. & HASEGAWA, K. Lepidimoide, an allelopathic substance in the exudates from germinated seeds. **Phytochemistry** 39(5): 1031-1032. 1995.

YAMASAKI, S.H.; FYLES, J.W.; EGGER, K.H.; TITUS, B.D. The effect of *Kalmia angustifolia* on the growth, nutrition, and ectomycorrhizal symbiont community of black spruce. For. **Ecol. Manage.** 105, 197–207. 1998

YOKOTANI-TOMITA, K.; GOTO, N.; KOSEMURA, S.; YAMAMURA, S. & HASEGAWA, K. Growth-promoting allelopathic. Substance exuded from germinating *Arabidopsis thaliana* seeds. **Phytochemistry** 47(1): 1-2. 1998.

YOSHIKAWA, K.; NAGAI, Y.; YOSHIDA, M. & ARIHARA, S. Antisweet natural products. VIII. Structures of hodosides VI-X from *Hovenia dulcis* Thunb. var. *tomentella* Makino. **Chem. Pharm. Bull.**, v.41, n.10, p.1722-1725, 1993.

YOSHIKAWA, M., UEDA, T., MURAOKA, O., AOYAMA, H., MATSUDA, H., SHIMODA, H., YAMAHARA, J. & MURAKAMI, N. Absolute stereostructures of hovenidulciosides A1 and A2, bioactive novel triterpene glycosides from *hoveniae semen seu fructus*, the seeds and fruit of *Hovenia dulcis* Thunb. **Chem. Pharm. Bull.**, v. 43, n. 3, p. 532-534, 1995.

ZELAZOWSKI, V.H.; LOPES, G.L. Avaliação preliminar da competição de crescimento entre 39 espécies arbóreas, em área sombreada com leucena (*Leucaena leucocephala*). In: Congresso Florestal Brasileiro, 7., 1993, Curitiba. **Anais**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v. 2, p.755.

ZILLER, S. R. A. **Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica**. 2000, 268 p.. Tese de doutorado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ZOBEL, A.M. & LYNCH, J.M. Shielding against ultraviolet radiation causes production of both phytoalexins and allelochemicals. In: MACIAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G. & CUTLER, H.G. (Eds.) **Recent advances in allelopathy**. Cadiz, Serv. Pub. Univ. Cadiz, 1999. v. 1, p. 219-230.

ANEXOS

Anexo 1 - Equações de regressão polinomial relacionando as variáveis dependentes (germinação das sementes e comprimento do hipocótilo) de *Parapiptadenia rigida* com a concentração (x) dos diferentes extratos morfológicos obtidos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto e semente) pelos métodos de maceração e percolação.

Variável	Equação de Regressão	R ²	Pr > F
Germinação			
MCA	$\hat{Y} = 99,38$	-	NS
MCJ	$\hat{Y} = 98,75$	-	NS
MFA	$\hat{Y} = 99,270833 - 0,156250x + 0,007500x^2 - 0,000083x^3$	0,9844	0,0086
MPF	$\hat{Y} = 99,17$	-	NS
MRA	$\hat{Y} = 99,553571 + 0,135714x - 0,002857x^2$	0,9881	<0,001
MRJ	$\hat{Y} = 101,250000 - 0,054167x$	0,6213	0,0226
MS	$\hat{Y} = 97,29$	-	NS
PCA	$\hat{Y} = 97,92$	-	NS
PCJ	$\hat{Y} = 99,17$	-	NS
PFA	$\hat{Y} = 100,327381 - 0,122024x + 0,003929x^2 - 0,000067x^3$	0,9931	0,0351
PFJ	$\hat{Y} = 99,375000 + 0,108333x - 0,001667x^2$	0,8571	0,0377
PPF	$\hat{Y} = 97,976190 - 0,071429x + 0,005714x^2 - 0,000067x^3$	0,9990	0,0351
PRA	$\hat{Y} = 98,33$	-	NS
PRJ	$\hat{Y} = 98,96$	-	NS
PS	$\hat{Y} = 99,687500 + 0,267361x - 0,010000x^2 + 0,000072x^3$	0,8190	0,0226
Hipocótilo			
MCA	$\hat{Y} = 1,53$	-	NS
MCJ	$\hat{Y} = 1,571357 + 0,019921x - 0,000576x^2 + 0,000003x^3$	0,9478	0,0132
MFA	$\hat{Y} = 1,757000 - 0,008000x$	0,9435	<0,001
MPF	$\hat{Y} = 2,213000 - 0,011530x$	0,9891	<0,001
MRA	$\hat{Y} = 2,047500 + 0,011290x - 0,000162x^2$	0,8929	<0,001
MRJ	$\hat{Y} = 1,688071 + 0,005164x - 0,000067x^2$	0,5098	0,0500
MS	$\hat{Y} = 1,92$	-	NS
PCA	$\hat{Y} = 1,89$	-	NS
PCJ	$\hat{Y} = 1,770571 + 0,006314x - 0,000077x^2$	0,6866	0,0246
PFA	$\hat{Y} = 1,513429 + 0,006296x - 0,000109x^2$	0,9361	0,0016
PFJ	$\hat{Y} = 1,869143 + 0,002519x - 0,000076x^2$	0,9722	0,0262
PPF	$\hat{Y} = 1,746250 + 0,020758x - 0,000748x^2 + 0,000005x^3$	0,9631	<0,001
PRA	$\hat{Y} = 1,695071 + 0,020881x - 0,000519x^2 + 0,000003x^3$	0,9746	0,0349
PRJ	$\hat{Y} = 1,940750 + 0,025025x - 0,000716x^2 + 0,000004x^3$	0,9999	0,0020
PS	$\hat{Y} = 1,931214 + 0,004543x - 0,000067x^2$	0,9053	0,0491

R² = coeficiente de determinação; PR > F = probabilidade % de significância do teste F; NS = teste F não significativo a 5%.

Anexo 2 - Equações de regressão polinomial relacionando as variáveis dependentes (índice de velocidade de germinação das sementes e comprimento da radícula) de *Parapiptadenia rigida* com a concentração (x) dos diferentes extratos morfológicos obtidos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto e semente) pelos métodos de maceração e percolação.

Variável	Equação de Regressão	R ²	Pr > F
IVG			
MCA	$\hat{Y}=8,05$	-	NS
MCJ	$\hat{Y}=9188333-0,023733x$	0,8694	<0,001
MFA	$\hat{Y}=8,100595+0,050302x-0,000923x^2$	0,9936	<0,001
MPF	$\hat{Y}=11,788963-0,007198x-0,000441x^2$	0,9709	0,0022
MRA	$\hat{Y}=11,206667-0,038033x$	0,9388	<0,001
MRJ	$\hat{Y}=10,870918+0,001255x-0,000287x^2$	0,9485	0,0447
MS	$\hat{Y}=9,052296-0,109628x+0,002188x^2-0,000013x^3$	0,9970	0,0217
PCA	$\hat{Y}=10,505119-0,053176x+0,000331x^2$	0,9465	0,0206
PCJ	$\hat{Y}=11,268333-0,025233x$	0,9479	<0,001
PFA	$\hat{Y}=9,062500-0,022483x-0,000303x^2$	0,9936	0,0340
PFJ	$\hat{Y}=11,469762-0,147548x+0,003240x^2-0,000023x^3$	0,9996	<0,001
PPF	$\hat{Y}=11,177262-0,009298x-0,000400x^2$	0,9991	0,0054
PRA	$\hat{Y}=10,236667-0,010550x$	0,8505	0,0128
PRJ	$\hat{Y}=11,700680-0,062140x+0,000360x^2$	0,9769	0,0121
PS	$\hat{Y}=11,423861-0,0641447x^2+0,000279x^3$	0,9883	0,0500
Radícula			
MCA	$\hat{Y}=1,189143+0,021629x-0,000182x^2$	0,9664	<0,001
MCJ	$\hat{Y}=1,495714+0,058660x-0,001459x^2+0,000008x^3$	0,9973	<0,001
MFA	$\hat{Y}=1,736643+0,003719x-0,000132x^2$	0,9656	0,0099
MPF	$\hat{Y}=1,446857+0,017981x-0,000168x^2$	0,9309	0,0011
MRA	$\hat{Y}=1,407214+0,010823x-0,000155x^2$	0,8053	0,0025
MRJ	$\hat{Y}=1,235071+0,028114x-0,000277x^2$	0,9042	<0,001
MS	$\hat{Y}=1,100786+0,027367x-0,000211x^2$	0,8691	<0,001
PCA	$\hat{Y}=1,817357+0,077938x-0,002116x^2+0,000013x^3$	0,8365	<0,001
PCJ	$\hat{Y}=1,502857+0,065855x-0,001682x^2+0,000010x^3$	0,9975	<0,001
PFA	$\hat{Y}=1,160536+0,041715x-0,001279x^2+0,000008x^3$	0,9093	<0,001
PFJ	$\hat{Y}=1,405321+0,054523x-0,001369x^2+0,000008x^3$	0,9891	<0,001
PPF	$\hat{Y}=1,988179+0,065661x-0,001553x^2+0,000009x^3$	0,9732	<0,001
PRA	$\hat{Y}=1,296643+0,077829x-0,001584x^2+0,000008x^3$	0,9966	<0,001
PRJ	$\hat{Y}=1,356071+0,088881x-0,001885x^2+0,000010x^3$	0,9664	<0,001
PS	$\hat{Y}=1,528500-0,005920x$	0,6796	<0,001

R² = coeficiente de determinação; PR > F = probabilidade % de significância do teste F; NS = teste F não significativo a 5%.

Anexo 3 - Equações de regressão polinomial relacionando as variáveis dependentes (comprimento da raiz e comprimento do hipocótilo) de *Parapiptadenia rigida* com a concentração (x) dos diferentes extratos morfológicos obtidos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto e semente) pelos métodos de maceração e percolação.

Variável	Equação de Regressão	R ²	Pr > F
Comprimento da Raiz			
MCA	$\hat{Y}=4,327431-0,187607x+0,003219x^2-0,000017x^3$	1,00	0,0138
MCJ	$\hat{Y}=4,569624-0,117858x+0,000725x^2$	0,9928	<0,001
MFA	$\hat{Y}=6,738250-0,281168x+0,004658x^2-0,000025x^3$	1,00	<0,001
MPF	$\hat{Y}=5,141339-0,302577x+0,006172x^2-0,000037x^3$	1,00	<0,001
MRA	$\hat{Y}=5,339375-0,052312x-0,002168x^2+0,000022x^3$	1,00	0,0021
MRJ	$\hat{Y}=6,353889-0,251966x+0,00502x^2-0,000031x^3$	1,00	<0,001
MS	$\hat{Y}=4,517333-0,032063x$	0,9810	<0,001
PCA	$\hat{Y}=5,134338-0,126845x+0,000820x^2$	1,00	<0,001
PCJ	$\hat{Y}=6,402500-0,386482x+0,009071x^2-0,000058x^3$	1,00	<0,001
PFA	$\hat{Y}=5,405089-0,196347x+0,003210x^2-0,000018x^3$	1,00	0,0105
PFJ	$\hat{Y}=3,458423-0,081249x+0,000471x^2$	0,9761	<0,001
PPF	$\hat{Y}=4,289444-0,196812x+0,003692x^2-0,000022x^3$	1,00	0,0022
PRA	$\hat{Y}=7,095278-0,281193x+0,003469x^2-0,000014x^3$	1,00	0,0496
PRJ	$\hat{Y}=4,659931-0,260762x+0,005445x^2-0,000033x^3$	1,00	<0,001
PS	$\hat{Y}=6,050000-0,341741x+0,007412x^2-0,000045x^3$	1,00	<0,001
Comprimento do Hipocótilo			
MCA	$\hat{Y}=2,347752-0,037566x+0,000218x^2$	0,9812	<0,001
MCJ	$\hat{Y}=2,710281-0,049198x+0,000221x^2$	0,9994	<0,001
MFA	$\hat{Y}=2,379350-0,094793x+0,001770x^2-0,000011x^3$	1,00	<0,001
MPF	$\hat{Y}=2,340446-0,072439x+0,001230x^2-0,000007x^3$	1,00	0,0066
MRA	$\hat{Y}=2,667757-0,082147x+0,000556x^2$	0,9984	<0,001
MRJ	$\hat{Y}=2,770000-0,104597x+0,002157x^2-0,000014x^3$	1,00	<0,001
MS	$\hat{Y}=2,483172-0,031671x+0,000148x^2$	0,9837	<0,001
PCA	$\hat{Y}=2,877071-0,055056x+0,000356x^2$	0,9991	<0,001
PCJ	$\hat{Y}=2,417500-0,050892x+0,001063x^2-0,000008x^3$	1,00	0,0036
PFA	$\hat{Y}=2,472712-0,024627x$	0,9989	<0,001
PFJ	$\hat{Y}=2,261250-0,031010x+0,000863x^2-0,000008x^3$	1,00	0,0043
PPF	$\hat{Y}=2,512635-0,025278x$	0,9908	<0,001
PRA	$\hat{Y}=2,470278-0,046718x-0,000328x^2+0,000005x^3$	1,00	0,0435
PRJ	$\hat{Y}=2,607639-0,081315x+0,002068x^2-0,000015x^3$	1,00	<0,001
PS	$\hat{Y}=2,260873-0,024535x+0,000135x^2$	0,9914	0,0022

R² = coeficiente de determinação; PR> F = probabilidade % de significância do teste F; NS = teste F não significativo a 5%.

Anexo 4 - Equações de regressão polinomial relacionando as variáveis dependentes (massa seca da raiz e massa seca do hipocótilo) de *Parapiptadenia rigida* com a concentração (x) dos diferentes extratos morfológicos obtidos de *Hovenia dulcis* (casca jovem e adulta, folha adulta, raiz jovem e adulta, pseudofruto e semente) pelos métodos de maceração e percolação.

Variável	Equação de Regressão	R ²	Pr > F
Massa seca da Raiz			
MCA	$\hat{Y}=0,018308-0,000378x+0,000003x^2$	0,9293	0,0045
MCJ	$\hat{Y}=0,028860-0,000296x$	0,9606	<0,001
MFA	$\hat{Y}=0,038600-0,001179x+0,000022x^2-0,000000x^3$	1,00	0,0212
MPF	$\hat{Y}=0,035700-0,001419x+0,000032x^2-0,000000x^3$	1,00	<0,001
MRA	$\hat{Y}=0,033750-0,000205x-0,000017x^2+0,000000x^3$	1,00	0,0076
MRJ	$\hat{Y}=0,029939-0,000521x+0,000002x^2$	0,9914	0,0216
MS	$\hat{Y}=0,035863-0,000214x$	0,9460	<0,001
PCA	$\hat{Y}=0,021242-0,000541x+0,000004x^2$	0,9690	<0,001
PCJ	$\hat{Y}=0,035925-0,001217x+0,000032x^2-0,000000x^3$	1,00	<0,001
PFA	$\hat{Y}=0,037949-0,000131x-0,000002x^2$	0,9969	0,0114
PFJ	$\hat{Y}=0,018195-0,000181x$	0,9513	<0,001
PPF	$\hat{Y}=0,020550-0,001209x+0,000029x^2-0,000000x^3$	1,00	0,0016
PRA	$\hat{Y}=0,036069-0,001122x+0,000008x^2$	0,9968	<0,001
PRJ	$\hat{Y}=0,013615-0,000124x$	0,8947	<0,001
PS	$\hat{Y}=0,029900-0,001305x+0,000033x^2-0,000000x^3$	1,00	<0,001
Massa seca do Hipocótilo			
MCA	$\hat{Y}=0,088776-0,001940x+0,000012x^2$	0,9990	0,0107
MCJ	$\hat{Y}=0,110300-0,001193x$	0,9264	<0,001
MFA	$\hat{Y}=0,160825-0,009773x+0,000194x^2-0,000001x^3$	1,00	<0,001
MPF	$\hat{Y}=0,111765-0,002694x+0,000016x^2$	0,9962	0,0011
MRA	$\hat{Y}=0,167550-0,008960x+0,000152x^2-0,000001x^3$	1,00	0,0085
MRJ	$\hat{Y}=0,167700-0,010273x+0,000222x^2-0,000001x^3$	1,00	<0,001
MS	$\hat{Y}=0,148650-0,005835x+0,000154x^2-0,000001x^3$	1,00	<0,001
PCA	$\hat{Y}=0,114985-0,000517x$	0,9743	0,004
PCJ	$\hat{Y}=0,168250-0,010739x+0,000220x^2-0,000001x^3$	1,00	<0,001
PFA	$\hat{Y}=0,136400+0,002656x-0,000162x^2+0,000001x^3$	1,00	<0,001
PFJ	$\hat{Y}=0,077331+0,001186x-0,000019x^2$	0,9648	<0,001
PPF	$\hat{Y}=0,111390-0,001125x$	0,9891	<0,001
PRA	$\hat{Y}=0,166900-0,008656x+0,000143x^2-0,000001x^3$	1,00	0,0144
PRJ	$\hat{Y}=0,128564+0,000181x-0,000015x^2$	0,9844	0,0026
PS	$\hat{Y}=0,143350-0,001393x$	0,9369	<0,001

R² = coeficiente de determinação; PR > F = probabilidade % de significância do teste F; NS = teste F não significativo a 5%.