

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FRANCIELLE PIEROBON

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOHERBICIDA DE EXTRATOS DE CANJARANA  
(*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.)**



PALOTINA

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FRANCIELLE PIEROBON

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOHERBICIDA DE EXTRATOS DE CANJARANA**  
**(*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.)**

PALOTINA

2017

FRANCIELLE PIEROBON

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOHERBICIDA DE EXTRATOS DE CANJARANA  
(*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.)**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Bioprodutos Agroindustriais, do Programa de Pós-graduação de Tecnologia de Bioprodutos Agroindustriais, Setor de Palotina, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia da Costa Zonetti

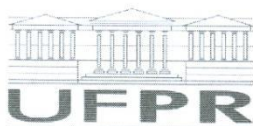
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht

PALOTINA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P615 Pierobon, Francielle  
Avaliação do potencial bioherbicida de extratos de canjarana  
(cabralea canjerana (vell.) mart.) / Francielle Pierobon . -  
Palotina, 2017.  
63f.  
  
Orientadora: Patrícia da Costa Zonetti.  
Coorientador: Leandro Paiola Albrecht.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor  
Palotina, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de  
Bioprodutos Agroindustriais.  
  
1. Alelopatia. 2. Planta daninha. 3. Bidens pilosa L..  
I. Zonetti, Patrícia da Costa. II. Albrecht, Leandro Paiola.  
III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.  
  
CDU 632.5



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor PALOTINA  
Programa de Pós-Graduação TECNOLOGIAS DE BIOPRODUTOS AGROINDUSTRI

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em TECNOLOGIAS DE BIOPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **FRANCIELLE PIEROBON** intitulada: **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOHERBICIDA DE EXTRATOS DE CANJARANA (*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.)**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

PALOTINA, 10 de Março de 2017.

*Patricia da Costa Zonetti*

PATRICIA DA COSTA ZONETTI

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

*Edicléia A. Bonini e Silva*

EDICLÉIA APARECIDA BONINI E SILVA

Avaliador Externo (UTFPR)

*Roberta Paulert*

ROBERTA PAULERT

Avaliador Externo (UFPR)

À Iracy Lima, pelo afeto e o  
cuidado por toda a vida, dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Bioprodutos Agroindustriais e ao Departamento de Ciências Agronômicas da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, por possibilitar a realização deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Patrícia da Costa Zonetti, pela orientação, conhecimentos transmitidos, confiança, paciência e por me apoiar em momentos difíceis. Agradeço seu incentivo e sua dedicação, o estímulo e os cuidados dispensados em todos os momentos e, principalmente, por acreditar em mim.

Ao Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht pela co-orientação neste trabalho, o conhecimento compartilhado e o incentivo.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Roberta Paulert, pelo suporte e incentivo e por ter possibilitado a realização da parte analítica em seu laboratório.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Edicléia Aparecida Bonini e Silva por contribuir com informações valiosas que ajudaram a melhorar este trabalho.

Aos Prof. Dr. Isac Rosset, Prof. Dr. Juliano Cordeiro e Prof. Dr. Alfredo Junior Paiola Albrecht, por todas instruções recebidas desde o início da minha pesquisa até a concretização deste trabalho, fornecendo fundamental apoio através de informações técnicas e científicas.

Às Prof<sup>as</sup>. Dra. Carina Kozera e Suzana Stefanello pela disponibilidade e ajuda com as finalizações deste trabalho.

Aos colegas de trabalho Jamilson Bispo de Oliveira, Joelmir dos Santos, Andreia Isaac, Larissa Desordi Bortoli e Susiana Galli pelo carinho e apoio recebido e também por todos os momentos de diversão e companheirismo.

Também aos demais colegas Carine Cantu, Julio Cesar AmatuZZi, Laura Acco, Marina Rosenberger, Thamara Belanda e Marinara Ferneda por toda a ajuda que recebi durante as práticas laboratoriais.

Aos amigos do mestrado pelos momentos compartilhados, que se tornaram muito mais agradáveis pela convivência com vocês.

Aos professores do mestrado por partilharem um dos bens mais preciosos desta vida; o conhecimento.

Ao pós-graduando Ricardo Diego Duarte Galhardo de Albuquerque e a técnica de química Débora Nascimento Eiriz da Universidade Federal Fluminense – RJ, pela contribuição à pesquisa deste trabalho.

A minha mãe Maria Iracy de Lima por tudo o que sou e que ainda pretendo ser. Ao meu irmão Daniel Pierobon Junior pelo incentivo.

À Deus, por permitir que essas pessoas inspiradoras cruzassem meu caminho, contribuindo para a execução deste trabalho e para meu desenvolvimento. Sou grata por minha jornada de acertos e erros, conquistas e desapegos, através dela e do Seu amor compreendi a felicidade e a beleza da vida.



“Por isso defendemos junto ao pessoal do agronegócio que preserve a biodiversidade, porque pode estar nela a salvação da lavoura”

EDUARDO DELGADO ASSAD

## RESUMO

Para atender às necessidades alimentares da população mundial, a introdução de herbicidas na agricultura foi um movimento adotado para controlar espécies invasoras reduzindo perdas de rendimento. No entanto, o uso contínuo de herbicidas sintéticos em doses elevadas proporciona poluição ambiental e aumenta o número de plantas daninhas resistentes a estas substâncias. A busca por alternativas ao uso de herbicidas sintéticos na agricultura constitui-se num dos desafios de um modelo de cultivo mais sustentável. Com a finalidade de descobrir novas substâncias com ação bioherbicida, a planta canjarana (*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.) foi selecionada para avaliação do seu potencial de inibição da germinação e crescimento da planta daninha picão-preto (*Bidens pilosa* L.). As plantas daninhas do gênero *Bidens* popularmente conhecidas como “picão”, são consideradas atualmente como um grande problema para a agricultura mundial, são espécies de difícil controle devido ao ciclo anual curto, com várias gerações durante o ano e facilidade de dispersão de suas sementes. Herbicidas inibidores da enzima aceto lactato sintase (ALS) têm sido amplamente utilizados no controle do picão-preto. Consequentemente, o uso intensivo de produtos com esse mecanismo de ação tem selecionado biótipos resistentes, além disso a alteração na enzima resulta na resistência ao herbicida e em modificações na taxa de crescimento da planta, desenvolvendo biótipos também resistentes aos herbicidas inibidores do fotossistema II. Uma alternativa que tem sido utilizada para auxiliar métodos convencionais de controle é o uso da alelopatia. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito alelopático bioherbicida dos extratos de canjarana sobre a germinação e crescimento inicial de plântulas de picão-preto. Os extratos vegetais alcoólicos de folíolos, pecíolos, casca externa e casca interna do caule de canjarana foram obtidos por Soxhlet e o solvente utilizado foi o álcool etílico (99,5%), seguido de um processo de evaporação do álcool. Posteriormente esses extratos foram diluídos em água destilada nas concentrações 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1% (p/v). As variáveis analisadas nos ensaios de germinação foram porcentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG). Todos os extratos apresentaram terpenos na sua composição. Apenas nos extratos de pecíolos e casca interna foram detectadas a presença de saponinas. Todas as concentrações testadas inibiram a porcentagem de germinação e provocaram atrasos na germinação. Os extratos de pecíolos, casca externa e interna do caule obtiveram os resultados mais significativos no ensaio de germinação. Os extratos na concentração 0,75 e 1% inibiram com maior intensidade a %G e o IVG. Apenas o extrato de folíolos 1% apresentou diferença estatística na redução do comprimento da raiz das plântulas de picão-preto. O extrato de pecíolos aplicado em pré e pós emergência e em pós-emergência afetaram o crescimento das plantas com 14 dias de avaliação. Com os resultados obtidos é possível inferir que *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. possui potencial alelopático sobre *Bidens pilosa* L.

**Palavras-chave:** Alelopatia. Planta daninha. *Bidens pilosa* L.

## ABSTRACT

To meet the food needs of the world's population, the introduction of herbicides into agriculture was a move to control invasive species, reducing yield losses. However, the continued use of synthetic herbicides at high doses provides environmental pollution and increases the number of weeds resistant to these substances. The search for alternatives to the use of synthetic herbicides in agriculture is one of the challenges of a more sustainable cultivation model. In order to discover new substances with bioherbicide action, the canjarana plant (*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.) was selected to evaluate its potential to inhibit germination and weed growth the beggarticks (*Bidens pilosa* L.). The weeds of the genus *Bidens*, popularly known as "beggarticks", this species is considered a major problem for world agriculture, are difficult to control due to the short annual cycle, with several generations during the year and easy dispersion of their seeds. Acetyl lactate synthase (ALS) inhibitory herbicides have been widely used in the control of the beggarticks. Consequently, the intensive use of products with this mechanism of action has selected resistant biotypes, in addition the change in the enzyme results in the resistance to the herbicide and in modifications in the rate of growth of the plant, developing biotypes also resistant to photosystem II inhibitor herbicides. An alternative that has been used to aid conventional methods of control is the use of allelopathy. The objective of this work was to evaluate the bioherbicidal allelopathic effect of the canjarana extracts on the germination and initial growth of beggarticks seedlings. The alcoholic vegetable extracts of leaflets, petioles, outer bark and inner bark of the canjarana stem were obtained by Soxhlet and the solvent used was ethyl alcohol (99.5%), Followed by a process of evaporation of the alcohol. Subsequently, these extracts were diluted in distilled water at concentrations of 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1% (w/v). The variables analyzed in the germination assays were percentages of germination (%G) and germination speed index (IVG). All extracts presented terpenes in their composition. Saponins were detected in the petiole extracts. All tested concentrations inhibited the germination percentage and caused germination delays. The extracts of petioles, outer and inner bark of the stem obtained the most significant results in the germination test. The extracts at the concentration of 0.75 and 1% inhibited with greater intensity the %G and the IVG. Only the 1% leaflet extract presented statistical difference in the reduction of the root length of beggarticks seedlings. Pre and post-emergence and post-emergence petiole extracts affected plant growth with 14 days of evaluation. With the results obtained it can be inferred that *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. has allelopathic potential on *Bidens pilosa* L.

**Key-words:** Allelopathy. Weed. *Bidens pilosa* L.

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – GERMINAÇÃO ACUMULATIVA DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AOS DIFERENTES EXTRATOS DE CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1%.....	40
GRÁFICO 2 – VALORES MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AOS DIFERENTES EXTRATOS DE CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1%.....	41
GRÁFICO 3 – VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AOS EXTRATOS ETANÓLICOS DE DIFERENTES PARTES DA PLANTA CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1%.....	43
GRÁFICO 4 – VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO DA RAIZ E DA PARTE AÉREA DAS PLÂNTULAS DE PICÃO-PRETO NA PRESENÇA DOS EXTRATOS A 1% DE DIFERENTES PARTES DA PLANTA CANJARANA COM 4 DIAS .....	45

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DOS EXTRATOS ETANÓLICOS PREPARADOS A PARTIR DOS FOLÍOLOS, PECÍOLOS, CASCA EXTERNA E CASCA INTERNA DO CAULE DE CANJARANA .....	36
TABELA 2 – VALORES MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO (%G) DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS A EXTRATOS ETANÓLICOS DE DIFERENTES PARTES DA PLANTA CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1% .....	38
TABELA 3 - VALORES INDICANDO A REDUÇÃO DA %G E DO IVG, EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE SEMENTES GERMINADAS NO CONTROLE (100%) .....	39
TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DA VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS A EXTRATOS ETANÓLICOS DE DIFERENTES PARTES DA PLANTA CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1% .....	42
TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DA ALTURA COM 7, 14 E 21 DIAS DAS PLANTAS DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AO EXTRATO ETANÓLICO 1% DO PECÍOLO DA CANJARANA EM DIFERENTES TRATAMENTOS.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%G	- Porcentagem de Germinação
ALS	- Aceto Lactato Sintase
AHAS	- Acetohidróxidoácido Sintase
ACcase	- Acetil Coenzima A Carboxilase
CCD	- Cromatografia de Camada Delgada
DAP	- Diâmetro na Altura do Peito
EPSPs	- EPSPsintase (5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato-sintase)
HPLC	- High-Performance Liquid Chromatography
HPPD	- Hidróxi fenil piruvato dioxigenase
HRGC	- High Resolution Gas Chromatography
IVG	- Índice de Velocidade de Germinação
LC	- Liquid Chromatography
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PPO	- Polifenol Oxidases
PROTOX	- Protoporfirinogênio Oxidase
RAS	- Regras para Análises de Sementes
R.H.	- Resistência a herbicida
UPLC	- Ultra Performance Liquid Chromatography

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVOS .....	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	16
1.2.2	Objetivos Específicos .....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ALELOPATIA .....	16
2.1.1	Alelopatia na agricultura .....	17
2.1.2	Substâncias alelopáticas .....	20
2.1.3	Mecanismo de ação e função das substâncias alelopáticas .....	20
2.1.4	Aleloquímicos com potencial herbicida.....	22
2.2	MECANISMO DE AÇÃO DE HERBICIDAS.....	25
2.3	ESPÉCIES ESTUDADAS.....	28
2.3.1	Canjarana ( <i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.) .....	28
2.3.2	Picão-Preto ( <i>Bidens pilosa</i> L.) .....	29
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
3.1	MATERIAL VEGETAL .....	31
3.2	ASSEPSIA DAS SEMENTES.....	31
3.3	PREPARO DOS EXTRATOS VEGETAIS E TRATAMENTOS.....	31
3.4	CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS QUÍMICOS PRESENTES NOS EXTRATOS .....	32
3.5	ENSAIO 1 - GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO .....	33
3.6	ENSAIO 2 - CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE PICÃO-PRETO EM GERMINADOR.....	33
3.7	ENSAIO 3 - CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE PICÃO-PRETO CULTIVADAS EM SALA DE CRESCIMENTO COM APLICAÇÃO PRÉ E PÓS EMERGENTE DO EXTRATO ETANÓLICO DO PECÍOLO 1% .....	34
3.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	35
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>

4.1	ANÁLISE FITOQUÍMICA DOS EXTRATOS .....	36
4.2	ENSAIO 1 – GERMINAÇÃO DE PICÃO-PRETO .....	38
4.3	ENSAIO 2 - CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AOS EXTRATOS ETANÓLICOS 1% DAS DIFERENTES PARTES DA CANJARANA.....	44
4.4	ENSAIO 3 – CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE PICÃO-PRETO CULTIVADAS EM SALA DE CRESCIMENTO COM APLICAÇÃO PRÉ E PÓS EMERGENTE DO EXTRATO DE PECÍOLO DA CANJARANA 1%.....	47
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>48</b>
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	48
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE A – CANJARANA.....</b>	<b>62</b>
	<b>APÊNDICE B – PARTES DA PLANTA CANJARANA UTILIZADAS NO PREPARO DOS EXTRATOS.....</b>	<b>63</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com as técnicas utilizadas nos sistemas agrícolas, especialmente em relação ao agronegócio e suas práticas frente à responsabilidade ambiental e social, tornou a sustentabilidade no campo um assunto de fundamental importância no cenário mundial. As demandas produtivas ocasionadas pelo contínuo aumento demográfico e as variadas dinâmicas do capital, implicam no aumento da utilização de componentes químicos na lavoura para potencializar a produção de alimentos. O controle químico é a principal forma de manejo de plantas daninhas. Essa é uma prática de elevado impacto ambiental que pode causar risco de intoxicação humana e a possibilidade de causar fitotoxicidade às culturas, além de comprometer a qualidade dos recursos naturais. Superar paradigmas a respeito do controle de plantas daninhas e buscar métodos eficientes de controle, que respeitem os interesses da sociedade e a preservação dos recursos naturais, são necessários atualmente (BALBINOT-JUNIOR, 2004; SOUZA FILHO, 2005).

Nas últimas décadas o uso excessivo de herbicidas sintéticos para controle de plantas daninhas resultou na evolução de espécies resistentes a herbicidas (RH) (VYVYAN, 2002). Mundialmente há uma estimativa de 297 biótipos resistentes e 179 espécies resistentes (108 dicotiledôneas e 71 monocotiledôneas). No Brasil foram registradas atualmente 28 espécies RH. Dentre essas espécies, 19 delas, são basadas no mecanismo de ação dos inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). A outras espécies que apresentam RH inibidores das enzimas EPSPsintase (EPSPs), Acetil Coenzima A (ACCCase), protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), dos herbicidas auxínicos ou mimetizadores de auxina e dos inibidores do Fotossistema II, e há ainda alguns biótipos que apresentam multipla RH, ou seja, resistência em dois sítios de ação (HEAP, 2016).

O uso contínuo de altas doses de produtos químicos estimula o desenvolvimento de resistência em diferentes pragas e colocando em risco o ecossistema. Diante a essa problemática surge a necessidade de desenvolver sistemas eficazes de manejo biológico. Estratégias de prospecção de herbicidas naturais ou práticas de manejo alternativo que reduzem a utilização de produtos químicos são alternativas desenvolvidas na tentativa de solucionar o problema, dentre quais destacam-se os estudos fundamentados na alelopatia (BALBINOT-JUNIOR, 2004). A alelopatia é parte de um sistema que incorpora o uso de diversos organismos

biológicos e de diversas outras abordagens baseadas em biologia que podem ser utilizadas como alternativa para reduzir as densidades de espécies invasoras, com eficiência semelhante ou superior ao uso isolado de herbicidas químicos.

Resultados obtidos a partir de pesquisas de bioprospecção com compostos naturais oferecem excelente potencial para novas soluções herbicidas (DUKE et al., 2000; VYVYAN, 2002). Essas pesquisas oportunizam o descobrimento de novas moléculas e o desenvolvimento de novos produtos, com maior eficiência no combate às plantas daninhas e menos tóxicos na natureza. Os avanços recentes na química de produtos naturais, por meio de métodos modernos de extração, isolamento, purificação e identificação de biomoléculas, têm contribuído de maneira copiosa para um maior conhecimento dos compostos com potencial alelopático (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

Os efeitos causados por aleloquímicos podem contribuir com diversos resultados positivos nos sistemas agrícolas. Alternativas variadas para o uso destes compostos são descritas por Mallink e Olofsdotter (2001) e Venzon et al. (2005), seja na busca por novos defensivos agrícolas ou na redução do uso de herbicidas sintéticos substituindo-os por processos de alelopatia, podendo ser feito através da rotação de culturas, de sistemas adequados de semeadura entre espécies, com sistemas agroecológicos para controle de pragas e plantas invasoras, através do uso de coberturas mortas, na produção de super cultivares, por plantas consorciadas ou com introdução voluntária de espécies selvagens.

Neste trabalho foram utilizadas diferentes partes da *Cabralea canjerana*, uma espécie abundante em grande parte território brasileiro e ainda pouco estudada quanto as suas propriedades químicas. A investigação das pontencialidades alelopáticas dessa planta, através de testes de laboratório, pode resultar em uma opção a mais a ser utilizada no controle de plantas infestantes.

O picão-preto (*Bidens pilosa* L.) considerada como uma planta infestante principalmente em culturas anuais como soja, milho, algodão entre outras, é bastante comum em regiões de clima tropical e subtropical. Além de competir com as culturas o picão-preto é hospedeiro de algumas doenças fúngicas como o oídio e de pragas como o pulgão. Atualmente o controle dessa espécie tornou-se mais difícil, devido ao desenvolvimento de biótipos resistentes aos herbicidas convencionais. A identificação de plantas e substâncias capazes de influenciar no crescimento e desenvolvimento

do picão-preto podem resultar em soluções eficientes no controle dessa espécie em sistemas agrícolas.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Atualmente estão disponíveis alguns estudos sobre o potencial alelopático, especialmente inseticida, de extratos elaborados a partir dos frutos da espécie *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., no entanto não são encontradas na literatura informações mais detalhadas sobre a avaliação do potencial herbicida de extratos feitos a partir de outras partes da planta. Os bioensaios sugeridos neste trabalho contribuirão com estudos sobre o potencial alelopático dessa espécie na germinação e no crescimento do picão-preto (*Bidens pilosa* L.). A planta daninha *B. pilosa* é uma das espécies que apresenta múltipla RH, ocorrendo em dois sítios de ação, tanto para os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) como para os inibidores do Fotossistema II.

O controle de plantas daninhas é de grande importância para agricultura. Plantas daninhas competem na lavoura pela extração dos recursos naturais do meio, como água, luz, CO<sub>2</sub> e nutrientes e muitas vezes exercem inibição química sobre o desenvolvimento de outras plantas, por meio da liberação de substâncias tóxicas ou inibidoras de crescimento, denominadas de aleloquímicos, que são exsudadas tanto pelas raízes quanto pela parte aérea (PEREIRA, 2004). Atualmente os recursos utilizados com o controle de espécies invasoras na agricultura brasileira podem representar até 25% dos gastos com a safra dependendo do tipo de lavoura, ao que tudo indica, novas invasoras podem trazer ainda mais prejuízo aos agricultores (LORENZI, 2006).

Os resultados dessa pesquisa auxiliam no entendimento da ação dos compostos fitoquímicos e fornecem subsídios para futuras pesquisas de isolamento e testes de novas moléculas com potencial para reduzir ou substituir o consumo dos atuais herbicidas. Produtos mais eficientes, substâncias com boa sinergia com os atuais herbicidas químicos, que potencialize seus efeitos quando utilizados em conjunto e permitam a redução da quantidade utilizada de herbicidas comerciais. Os bioherbicidas são uma promissora alternativa para o futuro, uma opção sólida de controle herbicida, que tendem a apresentar baixa ou nenhuma toxicidade, evitando a contaminação do solo e dos recursos hídricos, garantindo maior segurança para a

saúde do produtor e dos alimentos consumidos e a redução dos gastos com a produção.

Atualmente pouco se sabe sobre a biodiversidade brasileira, mas certamente seu uso racional pode trazer grandes benefícios econômicos e sociais ao país. Pesquisas multidisciplinares e de desenvolvimento tecnológico inovador são ferramentas importantes nesse processo.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Verificar o possível efeito bioherbicida do extrato etanólico dos folíolos, pecíolos, casca externa e da casca interna do caule de canjarana (*Cabralea canjerana*) sobre a germinação e o crescimento inicial de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.).

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Verificar os compostos secundários presentes nos extratos alcoólicos através de análise fitoquímica qualitativa;
- b) Avaliar o efeito dos extratos vegetais sobre os parâmetros germinativos e pós-emergentes do picão-preto;
- c) Identificar em qual concentração os extratos da *C. canjerana* apresenta maior potencial bioherbicida;
- d) Analisar a forma de aplicação do extrato que promova ação inibitória no crescimento da planta invasora.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ALELOPATIA

Nos organismos vegetais o metabolismo secundário é responsável por produzir uma variedade de substâncias químicas na forma de biomoléculas ativas que, são de grande importância para a sobrevivência dos vegetais e suas interações no ecossistema. Para as plantas a biossíntese dessas moléculas tem finalidades

diversas quanto à adaptação ao meio, podem ser recurso para aquisição de mais água, nutrientes e luz ou servir como defesa contra herbívoros e microrganismos, proteção contra raios UV, atração de polinizadores e de animais dispersores de sementes. As interações ecológicas que ocorrem entre as plantas, por meio desses metabólitos secundários, com efeito direto ou indireto sobre outros indivíduos vegetais no meio é denominada alelopatia (HARBORNE, 1988; AERTS et al., 1991; LI et al., 1993).

O termo alelopatia foi definido pioneiramente em 1937 pelo fisiologista vegetal, Hans Molisch, como o fenômeno de interferência direta ou indireta dos compostos químicos secundários de uma planta para outra, inibindo ou favorecendo o desenvolvimento da espécie próxima (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

Os aleloquímicos agem como fatores de interação entre organismos e frequentemente apresentam atividades biológicas interessantes, o estudo dessas moléculas vegetais são de grande interesse científico, com importância em diversas áreas. Na pesquisa agrônômica possibilitam a seleção de plantas que possam exercer certo nível de controle sobre determinadas espécies indesejáveis e, também estabelecer espécies que não sejam fortemente alelopáticas e possibilitem a composição de lavouras equilibradas, refletindo a favor de produtividade e longevidade das culturas (SOUZA FILHO et al., 1997).

### 2.1.1 Alelopatia na agricultura

O processo de alelopatia tem sido observado em ambientes naturais e em espaços agrícolas, causando inúmeras implicações, sejam de ordem ecológica ou econômica, como problemas de regeneração de áreas naturais e/ou perda de produtividade agrícola (KRUSE et al., 2000). A inibição ou estímulo que acontece resultante da alelopatia deve-se à interferência isolada ou coletiva nos processos fisiológicos (FELIX, 2012).

Diversas podem ser as aplicações da alelopatia na agricultura, como no uso de coberturas mortas, na rotação de culturas, na produção de herbicidas ou ainda utilizando de técnicas da biotecnologia para incorporar genes de substâncias com potencial alelopático em diferentes plantas ou desenvolvendo cultivares resistentes a esses aleloquímicos (ALLEM, 2010). Uma variedade muito ampla de exemplos da atuação de aleloquímicos em cultivos agrícolas é descrita na literatura sobre o tema.

A rotação de culturas, uma prática que visa evitar esgotamento precoce da área cultivada, serve como exemplo para ilustrar como a resteva (restos da cultura anterior) pode desempenhar uma função alelopática na cultura sucessora devido aos compostos químicos por ela liberados (FERREIRA; ÁQUILA, 2000). Hicks et al. (1989) observaram que restos da cultura de trigo retardou o crescimento das plantas de algodão e arroz na rotação. Rodrigues et al. (1999) observaram evento semelhante no Brasil com restevas de trigo, aveia preta e centeio afetando o crescimento das culturas de feijão, milho e soja.

De acordo com Gonzalez et al. (1998) o sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) é outro exemplo do efeito alelopático na rotação de culturas, essa espécie apresenta um potente aleloquímico, a quinona sorgoleone, que age como inibidora do PSI da fotossíntese. O aleloquímico sorgoleone apresenta efeito inibidor de crescimento nas plantas daninhas das espécies *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*, *Abutilon theophratus* e *Ipomea hederacea*.

Áreas de pousio são práticas costumeiras em muitas regiões do Brasil. Nesses espaços instala-se uma flora espontânea com várias plantas que contribuem para a manifestação do fenômeno alelopático (FERREIRA; ÁQUILA, 2000). Coelho et al. (1986) descrevem que em áreas como estas foi encontrado capim-anoni (*Eragrostis plana*), invadindo estas pastagens e influenciando sobre a germinação e o crescimento das forrageiras azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), cornichão (*Lotus corniculatus* L.) e trevo-branco (*Trifolium repens* L.). Tokura e Nóbrega (2006) avaliaram o potencial alelopático das plantas de trigo (*Triticum aestivum*), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leake/K.Schum), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus*) e colza (*Brassica napus* var. *oleifera* Metzq) sobre o desenvolvimento da população de plantas infestantes comparando com áreas de pousio, verificaram que, em ordem decrescente; aveia preta, colza, nabo forrageiro e milheto apresentaram melhor controle do total de plantas infestantes nas áreas dos experimentos.

Substratos elaborados a partir da compostagem de restos de folhas e outras partes de plantas da vegetação nativa ou serragem industrial são comumente utilizados em viveiros e em áreas de horticultura. Com base nessa prática foi observado que restos de algumas espécies de pinus, eucalipto e acácia inibiram o crescimento e o desenvolvimento de plantas de alface e de espécies invasoras como a *Conyza sumatrensis*, *Trifolium* spp. e *Echinochloa utilis*, o fenômeno alelopático

ocorreu, principalmente, devido aos compostos fenólicos presentes nas espécies inibidoras (SOUTO et al., 1994; SCHUMANN et al., 1995).

No caso de culturas perenes, o cafeeiro é um ótimo exemplo para ilustrar como os compostos secundários de plantas atuam como poderosos aleloquímicos naturais, a xantina cafeína é uma potente substância inibidora do crescimento e do desenvolvimento de plantas invasora dos cafezais, sendo inclusive fitotóxica a radículas de plantas jovens da própria espécie (ANAYA et al., 1982; WALLER et al., 1986). Almeida (1991) observou inibição da germinação em sementes de várias espécies de plantas silvestres aplicando extrato aquoso da palha de café arábica. Ao testarem o extrato aquoso da palha seca de café arábica em três espécies de plantas: *Calopogonium muconoides*, *Stylosanthes capitata* e *Lactuca sativa*, Pires et al. (2010) observaram a redução acentuada no índice de velocidade germinação, na porcentagem de germinação e na quantidade de massa seca das plântulas dessas espécies. Em experimentos recentes Minassa et al. (2014) observaram que o extrato da palha de café arábica reduziu a germinação da espécie espontânea mata-pasto.

As plantas daninhas podem ser suprimidas por meio de plantas vivas ou de resíduos de outras plantas, a alelopatia pode então ser manipulada como uma ferramenta de controle de plantas invasoras, através do uso da rotação de culturas, do uso de substâncias aleloquímicas como herbicidas, ou através da transferência de genes responsáveis pela síntese de aleloquímicos entre culturas (PUTNAM; DEFRANK, 1983; KOHLI et al., 1998).

Os métodos alternativos de manejo de plantas daninhas são geralmente utilizados em conjunto com os atuais herbicidas sintéticos comercializados, essa é uma das formas de tornar o manejo e o controle das plantas invasoras na agricultura sustentável. A busca de produtos naturais para o manejo de plantas daninhas tem grande potencial para o desenvolvimento da agricultura sustentável, e principalmente para a implementação de novas estratégias de controle. As pesquisas com produtos naturais podem resultar na descoberta de novos produtos químicos para aplicação direta como agentes de controle ou para a sua utilização indireta como aleloquímicos (SILVA, 2004).

### 2.1.2 Substâncias alelopáticas

Os aleloquímicos são substâncias não-nutritivas biossintetizadas via metabolismo secundário e liberadas por volatilização, exsudação radicular, lixiviação ou decomposição de resíduos no ambiente, a partir de tecido vivo ou morto de qualquer parte do vegetal (SOUZA FILHO; ALVES, 2004). Aleloquímicos são meios de comunicação ativa da alelopatia que, configuram mais de 300 compostos secundários vegetais pertencentes a muitas classes de produtos químicos, esse número aumenta à medida que novas pesquisas são realizadas investigando o potencial dos agentes aleloquímicos. De acordo com Rice (1984) foram estabelecidas 14 categorias de compostos alelopáticos conforme sua similaridades químicas e vias de síntese. Estes compostos secundários incluem as principais classes de quinonas, fenois, ácidos cinâmicos, cumarinas, flavonóides, taninos, terpenos, esteróides, alcalóides, entre outras. Taiz e Zeiger (2013) classificam, didaticamente, os compostos aleloquímicos em três grupos quimicamente distintos: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados.

O rápido progresso da tecnologia em análises químicas nos últimos anos tornou possível isolar e identificar até mesmo pequenas quantidades de aleloquímicos e, realizar análises estruturais sofisticadas destas moléculas. Possivelmente o número de substâncias secundárias conhecidas atualmente representa apenas uma pequena fração da quantidade existente na natureza (ALMEIDA, 1990). A possibilidade de descobrir e estudar novas substâncias tem movimentado um grande número de pesquisadores nesse sentido.

### 2.1.3 Mecanismo de ação e função das substâncias alelopáticas

Os estudos sobre o efeito de aleloquímicos sobre a germinação e/ou desenvolvimento da planta são manifestações secundárias de efeitos ocorridos a nível molecular e celular inicialmente. Ainda há relativamente poucas informações sobre estes mecanismos. O modo de ação dos aleloquímicos pode ser dividido em ação direta e indireta. A ação direta ocorre quando o composto se liga às membranas da planta receptora ou penetra nas células, interferindo diretamente no seu metabolismo. Na ação indireta podem-se incluir alterações nas propriedades do solo, de suas condições nutricionais e das alterações de populações e/ou atividade dos microrganismos (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).



Os compostos alelopáticos podem afetar processos, tais como a germinação das sementes e o crescimento das plântulas, a assimilação de nutrientes, a fotossíntese, a respiração, a síntese de proteína, a atividade de várias enzimas e a perda de nutrientes pelos efeitos na permeabilidade da membrana celular (DURIGAN; ALMEIDA, 1993).

Os efeitos podem ocorrer sobre: a regulação do crescimento (divisão celular, síntese orgânica, interação com hormônios, efeito sobre enzimas, metabolismo respiratório); a abertura estomatal e fotossíntese; a absorção de nutrientes; a inibição da síntese de proteínas; as mudanças no metabolismo lipídico (RICE, 1984).

De acordo com Rizvi e Rizvi (1992) os aleloquímicos podem afetar estruturas citológicas e ultra-estruturas; hormônios, alterando balanço e concentração; membranas e sua permeabilidade; absorção de minerais; movimento dos estômatos, síntese de pigmentos e fotossíntese; respiração; síntese de proteínas; atividade enzimática; relações hídricas e condução; materiais genéticos, induzindo alterações no DNA e RNA.

Os produtos químicos comumente descritos com efeitos alelopáticos pertencem aos grupos dos ácidos fenólicos, cumarinas, terpenóides, flavonóides, alcalóides, glicosídeos cianogênicos, derivados do ácido benzóico, taninos e quinonas complexas (SOARES; VIEIRA, 2000; RODRIGUES; LOPES, 2001). Vários desses produtos naturais podem servir como modelos potenciais no desenvolvimento de agroquímicos (ISMAN, 2000; VYVYAN, 2002; MACIAS et al., 2007; BARBOSA et al., 2008).

Os terpenos constituem umas das classes mais diversificadas de metabólitos secundários e desempenham funções na planta como reguladores do crescimento e desenvolvimento vegetal, além de estarem associados em interações da planta com o ambiente. Analisando o potencial alelopático de *Stryphnodendron adstringens* Silva et al. (2006) verificam que os compostos envolvidos nas respostas alelopáticas das espécies estudadas eram referentes a terpenoides. Em crucíferas os produtos da hidrólise dos glucosinolatos, uma classe de compostos contendo enxofre e glucose, quando degradados hidroliticamente por mirosinase, geram produtos voláteis, entre eles os isotiocianatos (derivado terpênico), que possuem acentuado efeito alelopático sobre uma série de espécies vegetais (BROWN et al., 1991).

Os flavonoides possuem a capacidade de inibir a atividade de algumas enzimas e pela sua atividade antioxidante, em diferentes experimentos avaliou-se a

atividade de sequestro das espécies reativas de oxigênio (ROS) desses compostos. Estes demonstraram atuar como agentes redutores, seqüestradores de radicais livres, quelantes de metais ou desativadores do oxigênio singlete e/ou exibindo simultaneamente, mais de uma dessas funções (CANTERLE, 2005). Alguns flavonoides, através da regulação dos níveis de ROS intracelular, foram capazes de inibir a germinação e o crescimento de *Arabidopsis thaliana* (BAIES et al., 2003). Em baixas concentrações os flavonoides podem acarretar efeitos promotores de crescimento inicial de raízes (PARVEZ et al., 2004), no entanto quando em altas concentrações esses compostos podem agir como hiperpolarizadores de membrana e alterar os mecanismos das bombas atepéásicas, tornando os flavonoides tóxicos para as células, reduzindo o crescimento (PIERDONA et al., 2014).

Uma grande quantidade de aleloquímicos identificados já foram descritos e revisados na literatura, no entanto, apenas uma pequena parte desses compostos têm seus modos de ação identificados. Muitas destas substâncias operam por mecanismos que, de forma geral, envolvem a síntese de aminoácidos (glutamina sintetase, aspartato aminotransferase, ornitina carbamiltransferase,  $\beta$ -cistationase), a síntese de pigmentos (ALA sintetase), as funções da membrana plasmática ( $H^+$  - ATPase, NADH oxidase), a fotossíntese (CF1 ATPase), a síntese de lipídeos (AcetilCoA transacilase, 3- oxoacil-ACP sintase, ceramida sintase) e a síntese de ácidos nucléicos (RNA polimerase, adenilsuccinatosintase, AMP desaminase) (VYVYAN, 2002).

#### 2.1.4 Aleloquímicos com potencial herbicida

Diversos compostos são citados por apresentarem potencial herbicida. Dentre eles os monoterpenos voláteis, as sesquiterpenos lactonas, as benzoxazinonas e a sorgoleona. Os monoterpenos são os mais extensivamente explorados em programas de manejo de plantas daninhas, agentes causadores da redução da atividade mitótica e da formação de glóbulos lipídicos nas plantas, estes compostos apresentam atividades fitotóxicas em diversas espécies, ao exemplo do milho, trigo, soja, alfafa e pepino (VAUGHN; SPENCER, 1993).

Monoterpenos derivados de plantas aromáticas como a *Artemisia* sp. e *Eucalyptus* spp. são utilizados atualmente como substâncias no controle de plantas invasoras (DUKE et al., 1988; SINGH et al., 2009). Dentre os terpenos, as lactonas

sesqui e diterpênicas são os os compostos de origem vegetal com maior potencial fitotóxico, artemisinina e chaparrinona. No entanto, suas estruturas não atendem às características ideais para o uso comercial: sua síntese é muito cara, são muito reativas e pouco absorvidas pelas plantas. Várias outras pesquisas também apontam o efeito alelopático inibitório das lactonas sesquiterpênicas (KALSI et al., 1984; MACÍAS et al., 1992, 1993, 1997 e 2000; GOTO et al., 2001).

A sorgoleona, forma oxidada da hidroquinona encontrada como principal constituinte em exsudados de raízes de sorgo, é altamente fitotóxica. Einhelling e Souza (1992), observaram que a uma concentração de 10  $\mu\text{M}$ , a sorgoleona reduz o crescimento de várias espécies daninhas. A atividade fitotóxica da sorgoleona se dá pela inibição da liberação do  $\text{O}_2$  ao longo da cadeia fotossintética. Alguns autores sugerem que a sorgoleona e a atrazina competem pelos mesmos sítios de ligação, e que, além disso, a sorgoleona atue inibindo as reações de transporte de elétrons entre QA e QB na porção redutora do fotossistema II, mais especificamente na proteína D1. Teoricamente, a sorgoleona é considerada um herbicida eficiente devido a sua efetiva inibição da transferência de elétrons, no entanto suas propriedades físico-químicas e a sua curta meia-vida no solo fazem dela um herbicida fraco (DUKE et al., 2000; VYVYAN, 2002; BHOWMIK; INDERJIT, 2003).

Os derivados do ácido benzóico estão comumente envolvidos em fenômenos alelopáticos. Dentre as várias espécies que os contêm pode-se citar a aveia, o sorgo e o pepino. Os derivados dos ácidos cinâmicos como ácido clorogênico, ácido caféico, ácido *p*-cumárico e ácido ferúlico são amplamente distribuídos no reino vegetal e são inibidores de várias espécies. Muitas destas substâncias já foram identificadas como inibidoras da germinação vegetal. Os efeitos tóxicos destes compostos são pronunciados devido a sua grande persistência no solo (SAMPIETRO, 2006). De acordo com Yu e Matsui (1997) os ácidos cinâmico, sinápico, *p*-cumárico e caféico são substâncias aleloquímicas que agem principalmente interferindo na captação de íons inorgânicos da rizosfera tais como  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Santos (2007) avaliando o modo de ação do ácido ferúlico nas raízes de soja, observou que o aleloquímico reduziu o crescimento da raiz, promoveu a desintegração da epiderme apical e da coifa, a compressão das células no centro quiescente, o aumento no diâmetro do cilindro central e a lignificação da parede celular no metaxilema.

Alcalóides quinolínicos, indólicos e esteroidais são substâncias alelopáticas com efeito fitotóxico associado a interferências na atividade enzimática, interações

com o DNA e influência sobre a glicólise. As plantas que produzem estas substâncias possuem mecanismos de regulação biossintéticos especiais para evitar a autotoxicidade; no entanto, as suas sementes não resistem quando expostas diretamente a estes compostos (AERTS et al., 1991). Mizutani (1999) identificou o alcaloide hirsutina como o possível responsável pela atividade alelopática das raízes da planta daninha *Rorippa sylvestris* (L.) Bess.

Compostos como a mesotriona, tembotrione e isoxaflutole têm sua descoberta atribuída a pesquisa das propriedades alelopáticas da planta escova-de-garrafa (*Calistemon* spp.) que causava albinismo em algumas espécies de plantas daninhas. A partir do composto natural (leptospermone) foram produzidos análogos, dos quais resultou a molécula da mesotriona, que pertence ao grupo químico das tricetonas e atua sobre as plantas daninhas inibindo a biossíntese de carotenóides através da interferência na atividade da enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos (LEE et al., 1997).

A interação de vários aleloquímicos é muitas vezes responsável pelo potencial herbicida de um composto vegetal sobre uma espécie, ou seja, não é somente pela presença de uma única substância. Caso uma única substância tenha potencial alelopático em uma planta, ao ser identificada e isolada, esta pode ser útil como modelo para o desenvolvimento de bio-herbicidas (INDERJIT; DAKSHINI, 1995; XUAN et al., 2005).

Alguns princípios ativos de produtos agroquímicos comerciais foram idealizados e desenvolvidos seguindo estruturas orgânicas de metabólitos secundários de plantas. Desde a década de 80 diversas pesquisas são desenvolvidas com o interesse em descobrir aleloquímicos que possam ser utilizados como herbicidas. A partir dos resultados obtidos nessas investigações científicas foram desenvolvidos alguns produtos químicos, sintetizados a partir de compostos naturais de plantas, que atualmente são comercializados como herbicidas. O Bazanin e o Quinclorac, ambos da BASF/Alemanha, são exemplos de herbicidas comerciais elaborados com base em compostos secundários de plantas, o primeiro a partir de benzoxazinonas extraídas de gramíneas e o segundo elaborado a partir do ácido quinolínico obtido de *Nicotina tabacum*. Outro exemplo, o Cinmethylin foi desenvolvido nos EUA pela Shell a partir do composto natural cineole obtido de várias plantas (HATZIOS, 1987).

Em muitos casos, o composto natural é altamente ativo para um alvo molecular, mas suas propriedades físico-químicas e sua curta meia-vida no ambiente o impedem de ser um herbicida eficaz. Por exemplo, a sorgoleona, produzida a partir de *Sorghum* spp., é mais ativa *in vitro* do que a atrazina na inibição do PS II, no entanto, na prática é um herbicida relativamente fraco (DUKE et al., 2000). No entanto a instabilidade química dessas substâncias, responsável por sua rápida decomposição após sua liberação no meio, pode ser aproveitada de forma positiva, possibilitando o desenvolvimento de bioherbicidas que atuem em conjunto com os atuais herbicidas, agindo sinergicamente potencializando seus efeitos e, conseqüentemente, diminuindo os usos dos agroquímicos convencionais (PIRES; OLIVEIRA, 2011). O uso desses produtos no manejo das culturas resultaria em diversos benefícios para os agrossistemas: redução da poluição do solo e dos recursos hídricos; produção de alimentos mais saudáveis e a redução dos gastos com produtos químicos comerciais.

## 2.2 MECANISMO DE AÇÃO DE HERBICIDAS

Herbicidas, são compostos que, se aplicados às plantas, reagem com seus constituintes morfológicos ou interferem nos seus sistemas bioquímicos, promovendo efeitos morfológicos ou fisiológicos de graus variáveis, podendo leva-las à morte (CAMARGO, 1986). As substâncias químicas presentes nos herbicidas são capazes de selecionar populações de plantas. O termo seleção se refere à atuação destes produtos, provocando a morte de certas plantas e de outras não.

Existem diversas formas de classificar os herbicidas, o agrupamento segundo o mecanismo de ação nas plantas é uma das classificações mais utilizadas. O mecanismo de ação é a forma específica pela qual um herbicida interfere de modo significativo em determinado processo biológico (KISSMANN, 2003).

Em geral, os principais grupos de herbicidas, segundo seu mecanismo de ação, registrados para uso no Brasil são: os mimetizadores da auxina; os inibidores da fotossíntese; os inibidores de atividades enzimáticas, da síntese de carotenoides e da divisão celular.

O 2,4-D, picloram, triclopyr, fluroxipyr, quinclorac são alguns os herbicidas auxínicos ou mimetizadores de auxina formulados, em geral, a base de ácidos benzóicos, ácidos fenoxicarboxílicos, ácidos piridina carboxílicos e ácidos quinolina

carboxílicos, essas substâncias atuam de forma semelhante à da auxina endógena (ácido indol-3-acético). Induzem nas plantas dicotiledôneas sensíveis, mudanças metabólicas e bioquímicas, podendo causar à morte desses indivíduos (OLIVEIRA JR., 2011).

Herbicidas como o paraquat e diquat são exemplos de produtos que possuem substâncias inibidoras do Fotossistema I, ou formadoras de radicais livre como também são conhecidos. Atuam como falso acceptor de elétrons no fotossistema I. O sítio de ação desses compostos (captura dos elétrons) está próximo da ferredoxina no fotossistema I. Os radicais presentes nesses herbicidas são instáveis e rapidamente sofrem oxidação e redução na presença de oxigênio celular, formando radicais superóxido (WELLER et al., 2003). Os herbicidas inibidores do fotossistema II (ametryn, atrazine, cyanazine, metribuzin, prometryn, simazine, diuron, tebuthiuron etc.), em geral, atuam competindo com a plastoquinona “Qb” parcialmente reduzida (QbH) pelo sítio na proteína D-1, ocasionando a saída da plastoquinona e interrompendo o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (FERREIRA et al., 2008).

O mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da PROTOX (acifluorfen, fomesafen, lactofen, oxyfluorfen, flumiclorac, flumioxazin, oxadiazon, sulfentrazone, azafenidin etc.) se dá através da inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). O acúmulo de protoporfirinogênio que se desloca do cloroplasto para o citoplasma e em contato com o oxigênio, na presença de luz, forma radicais livres e provoca a peroxidação de lipídeos das membranas (WELLER et al., 2003).

Os herbicidas inibidores da ALS são elaborados a partir de sulfoniluréias (chlorimuron, halosulfuron, metsulfuron, nicosulfuron etc.) e imidazolinonas (imazapyr, imazapic, imazaquin, imazethapyr, imazamox etc.) que causam a inibição da síntese dos aminoácidos ramificados (leucina, isoleucina e valina), através da inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), interrompendo a síntese protéica, que, por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular (KISSMANN, 2003).

Os produtos a base de ariloxifenoxipropionatos (diclofop, fenoxaprop, fluazifop-p, haloxyfop, propaquizafop, quizalofop etc.) e ciclohexadionas (clethodim, sethoxidim etc.) compõe o grupo dos herbicidas inibidores da ACCase. Os compostos presentes nesses herbicidas inibem a ação da enzima acetil-CoA carboxilase (ACCcase), essa enzima catalisa o primeiro passo comprometido na síntese de ácidos graxos (FOCKE; LICHTENTHALER, 1987; BURTON, 1989;).

As glicinas (glifosato) são herbicidas que inibem a EPSPsintase (5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase). A enzima EPSPsintase é sintetizada no citoplasma e transportada para o cloroplasto onde atua; o glyphosate se liga a ela pela carboxila do ácido glutâmico (glutamina) na posição 418 da sequência de aminoácidos. A simples redução de aminoácidos e a acumulação de chiquimato não explicam a ação final do herbicida (OLIVEIRA JR., 2011).

Os herbicidas inibidores de pigmentos atuam bloqueando a biossíntese de carotenoides, resultando no acúmulo de phytoeno e phytoflueno, dois precursores sem cor do caroteno, com posterior geração de estresse oxidativo, que destrói as membranas das células, levando assim as plantas à morte (KRUSE, 2001).

Benzamida, ácido benzóico (DCPA), dinitroanilina, fosforamidato e piridina são substâncias presentes em herbicidas como o trifluralin, pendimethalin, oryzalin que atuam como inibidores dos microtúbulos na mitose. Esses produtos interferem em uma das fases da mitose, que corresponde à migração dos cromossomos da parte equatorial para os pólos das células, provocando a ruptura da sequência mitótica (prófase > metáfase > anáfase > telófase) já iniciada, com efeito direto sobre a divisão celular, a consequência é o aparecimento de células multinucleadas (FERREIRA et al., 2008).

No Brasil o número de casos de plantas daninhas resistentes à herbicidas tem aumentado significativamente nos últimos anos. Em 1993 ocorreu o primeiro relato brasileiro, reportando a resistência de biótipo de *Bidens pilosa* L. a herbicidas inibidores da ALS. Os casos recentes registrados relatam a ocorrência da resistência em diversas outras espécies e, muitas vezes, a resistência múltipla e/ou cruzada de espécies (CHRISTOFFOLETI et al., 1994).

O rápido desenvolvimento da resistência nas plantas daninhas decorre de suas características bioecológicas. O ciclo de vida curto, a elevada produção de sementes, a baixa dormência da semente, as várias gerações reprodutivas por ano, a extrema suscetibilidade a um determinado herbicida e a grande diversidade genética dessas espécies contribuem no processo do surgimento de novas gerações resistentes aos atuais herbicidas comerciais (VIDAL; FLECK, 1997; VARGAS, 1999).

## 2.3 ESPÉCIES ESTUDADAS

### 2.3.1 Canjarana (*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.)

A *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. é uma espécie arbórea, perenifólia a semicaducifólia, pertencente à família Meliaceae, conhecida popularmente como canjarana, canjerana, cedrocanjerana, caiarana, pau-de-santo, canharana e outros (CARVALHO, 1994). O nome *Cabralea*, é uma homenagem a Pedro Alvares Cabral, descobridor do Brasil, em 1500; canjerana, provém do tupi-guarani acauá (cajá) e rana (falso), é o nome da árvore dado pelos silvícolas (KLEIN, 1984). É uma espécie comum no Brasil, ocorre desde a latitude de 1°N, na Serra dos Surucucus, no Pará até 31° 30'S em Pelotas, no Rio Grande ao Sul (PENNINGTON, 1981). O habitat desta espécie compreende várias regiões fitoecológicas a Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) e Campos de Altitude (CARVALHO, 1994). Essa espécie também pode ser encontrada na Costa Rica, Guiana, Perú, Bolívia, Argentina, Paraguai (BACKES; IRGANG, 2002).

No estado do Paraná essa espécie é observada na região da floresta pluvial tropical do norte do Estado, na floresta pluvial sub-tropical do oeste, como componente das florestas com araucária e com elevada abundância na Encosta Atlântica da Serra do Mar, porém rara na planície litorânea e em áreas do estado onde os terrenos são mais acidentados ou rochosos, podendo mesmo estar ausente (REITZ et al., 1983; INOUE et al., 1984).

A canjarana é uma árvore que pode alcançar até 30 m de altura e 100-150 cm de DAP (diâmetro na altura do peito); possui tronco cilíndrico e geralmente tortuoso. As folhas são opostas, compostas, com 30 a 90 cm de comprimento, geralmente paripinadas, mas, às vezes, possuem um folíolo terminal vestigial (CARVALHO, 1994), 20 pares de folíolos alternos com até 15 cm de comprimento, peciólulos de 3 mm de comprimento, lâminas oblongas, bordo inteiro, um quase reto e outro curvo e base assimétrica (REITZ et al., 1983).

A madeira da canjarana tem valor comercial devido à grande durabilidade, quando exposta a intempéries, e pode ser trabalhada com facilidade fornecendo um bom acabamento (REITZ et al., 1983). É empregada na construção civil, na marcenaria, na confecção de caixas, de embalagens, na carpintaria e em obras de



escultura (CARVALHO, 1994; LONGHI, 1995). Com qualidades próximas às do cedro (*Cedrela fissilis*), porém mais firme, resistente e durável (REITZ et al., 1983) e, ainda, quando comparada ao cedro, é pouco afetada pela broca *Hypsipyla grandella*.

A casca do caule apresenta espessura de até 40 mm (CASTIGLIONI, 1975), dividida em casca externa, de cor castanho-acinzentada a cinza-escura com fissuras longitudinais pouco profundas formando placas ou escamas retangulares irregulares de 2 a 5 cm de largura, e a casca interna com aparência esbranquiçada, pastosa, resinosa, aromática e amarga com textura um pouco fibrosa (IVANCHECHEN, 1988). Da casca do caule extraí-se um corante vermelho que é utilizado na indústria de tinturaria, muito usada para tingimento de pelegos (CARVALHO, 1994; BACKES; IRGANG, 2002). A casca e as raízes da canjarana possuem importantes aplicações terapêuticas populares (REITZ et al., 1983) sendo medicinalmente utilizada como purgativo, febrífugo, abortivo (BACKES; IRGANG, 2002), antispasmodico, adstringente e emético (CARVALHO, 1994). O suco do fruto tem ação inseticida (BACKES; IRGANG, 2002).

### 2.3.2 Picão-Preto (*Bidens pilosa* L.)

A espécie *Bidens pilosa* L. é pertencente a família Asteraceae. No Brasil a planta é popularmente conhecida como: picão, picão-preto, carrapicho, carrapicho-de-agulha, carrapicho-de-duas-pontas, carrapicho-picão, coambi, cuambri, erva-picão, fura-capá, guambu, macela-do-campo, picão-amarelo, picão-das-horas, picão-do-campo, pico-pico, piolho-de-padre, espinho-de-agulha, carrapicho-de-cavalo, aceitilla, pirco (LORENZI; MATOS, 2008). É uma planta herbácea ereta, anual, ramificada, de 50-130 cm de altura, ramificada desde a base. Possui folhas compostas, geralmente com dois pares de folíolos e um folíolo terminal. Os frutos são aquênios alongados, de cor preta com ganchos aderentes numa das extremidades (LORENZI; MATOS, 2008; LUCCHETTI et al., 2009; SILVA et al., 2011; BARTOLOME et al., 2013).

O picão-preto se desenvolve em clima com muito sol e solo moderadamente seco. É uma planta que se multiplica por sementes e cresce espontaneamente em beiras de estrada, terrenos baldios e lavouras de todo o território brasileiro, sendo resistente às mais diferentes adversidades. Seus frutos polimórficos favorecem a adaptação em ambientes variados. Tem intensa produção de sementes, eficiente mecanismo de dispersão de sementes e grande longevidade das mesmas. Uma

planta pode chegar a produzir 3000-6000 sementes e, após a maturação, a maioria germina em 3 a 4 dias. Os aquênios podem germinar até cinco anos após enterrados profundamente no solo (LORENZI, 2000; BARTOLOME et al., 2013).

Originária, possivelmente, da América do Sul o picão-preto espalhou-se para o resto do mundo (SILVA et. al., 2011; BARTOLOME et al., 2013). Considerada como praga invasora em culturas anuais e perenes, predominantemente no Centro-Sul do Brasil. É uma invasora bastante agressiva, que além de competir com a cultura pode servir de hospedeiro de pragas e doenças, podendo provocar perdas significativas de produtividade nas culturas agrícolas. Sua reprodução via sementes e o crescimento rápido torna a espécie passível de ser encontrada durante todo o ano, mas as maiores infestações ocorrem durante as estações mais quentes, ou seja, primavera e verão (KISSMAN; GROTH, 1992; LORENZI, 2000).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL VEGETAL

Para a realização dos experimentos, as sementes de picão-preto foram adquiridas comercialmente da empresa Agrocósmos, São Paulo.

Os folíolos, pecíolos, casca externa e casca interna do caule de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. foram coletadas de planta localizada no Campus da UFPR - Setor Palotina. O material botânico foi devidamente depositado na coleção botânica do Herbário do Campus Palotina da UFPR - Setor Palotina sob número de registro 1257.

#### 3.2 ASSEPSIA DAS SEMENTES

As sementes de picão-preto foram dispostas em um béquer e submersas em hipoclorito de sódio (1%), de forma a cobrir a quantidade de sementes. Estas foram agitadas constantemente, e após 5 minutos, foram lavadas em água destilada para eliminação do hipoclorito de sódio. Posterior a lavagem, as sementes foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação de ar forçado a 40°C durante 24 horas.

#### 3.3 PREPARO DOS EXTRATOS VEGETAIS E TRATAMENTOS

Os extratos etanólicos foram preparados utilizando folíolos, pecíolos com raqui, casca externa e casca interna do caule de canjarana no laboratório de Micologia Aplicada e Plantas Medicinais do Departamento de Ciências Agronômicas da UFPR – Setor Palotina.

Coletadas no período da manhã, foram selecionadas folhas que não estavam em senescência e nem em início de formação. Separados os folíolos e pecíolos foram lavados com água corrente. Retirado o excesso de água, o material vegetal foi acondicionado em envelopes de papel e submetido ao processo de secagem em estufa com circulação de ar forçado, à temperatura de 40°C durante 48 horas.

Para a preparação dos extratos etanólicos da casca externa e casca interna do caule da canjarana, os galhos de canjarana foram serrados em porções de aproximadamente 20 cm, em seguida os tocos foram descascados, separando a

casca externa da casca interna do caule. A assepsia do material foi realizada com água corrente e o processo de secagem ocorreu em estufa com circulação de ar forçado, à temperatura de 40°C durante 72 horas.

Posterior ao processo de secagem, os quatro materiais vegetais (fólios, pecíolos, casca externa e casca interna) foram triturados individualmente até obtenção de um pó fino, utilizando um liquidificador.

A extração etanólica foi obtida utilizando 50 g do material vegetal em sachês de papel-filtro com 300 mL de etanol 99,5 GL pelo método de extração fechada em sistema Soxhlet, por cerca 5 horas (4 passagens pelo sistema). Após a extração a solução foi evaporada com rotaevaporador até ser eliminado o etanol.

A partir do extrato bruto foram preparadas diluições com água destilada nas proporções de 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1% (p/v).

De acordo com normas da RAS (Regras para Análise de Sementes) no início de cada ensaio todos os extratos teste e a água destilada utilizada para o controle e elaboração dos extratos foram avaliados com o auxílio de um pHmetro de bancada e apresentaram pH entre 6,0-7,5 (MAPA, 2009).

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS QUÍMICOS PRESENTES NOS EXTRATOS

Para determinação da presença de terpenos, saponinas e flavonoides presentes nos extratos vegetais estudados, foi realizada pela Universidade Federal Fluminense do Rio de Janeiro à análise fitoquímica de caráter qualitativo dos extratos. O extrato etanólico de *C. canjerana* foi submetido a cromatografia de camada delgada (CCD) utilizando como eluente hexano/acetato de etila 1:1 para análise de terpenos e reveladas com anisaldeído sulfúrico.

Para análise de saponinas foi utilizado como eluente clorofórmio/ácidoacético/água/metanol 6:3:1:1. Duas placas foram preparadas, uma delas foi revelada com anisaldeído sulfúrico, para revelação de núcleo terpenoídico, pois as saponinas têm uma parte terpênica e outra glicosídica (açúcar) e a outra placa foi revelada com orcinol; um revelador de açúcares (parte glicosídica da saponina). A placa de flavonoides aglicosilados foi revelada em NP-PEG. Foram utilizados padrões de quercetina (Q) e kaempferol (K).

### 3.5 ENSAIO 1 - GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO

Cinquenta sementes de picão-preto foram colocadas em caixas transparentes tipo gerbox, forradas com duas folhas de papel germitest embebidos com 2,5 vezes o peso do papel utilizado, de acordo com normas da RAS (MAPA, 2009). Para embebição, foi utilizado os extratos nas concentrações 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1% previamente, e água destilada para o controle. Em cada tratamento foram realizadas cinco repetições.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os experimentos foram conduzidos em estufa do tipo B.O.D, durante 15 dias, com o fotoperíodo ajustado em 12 horas, e temperatura 30 °C/ 25 °C. A umidade foi mantida através da aplicação diária de água destilada em cada gerbox, havendo necessidade, somente o volume suficiente para evitar o ressecamento do papel.

As avaliações foram realizadas diariamente, registrando o número de sementes germinadas, sendo considerada uma semente germinada, aquela que possuía protusão da radícula de no mínimo 02 mm. A partir das avaliações, obteve-se as variáveis porcentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG).

Para o cálculo da porcentagem de germinação (%G), foi dividido o número de sementes total (A), ou seja,  $\%G = (N/A) \times 100$  (NETO, 2010). O índice de velocidade de germinação, foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação ( $IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + (G3/N3) + \dots + (Gn/Nn)$ ), sendo que G representa o número de sementes germinadas a cada dia e N o número de dias decorridos para a germinação (MAGUIRE, 1962).

### 3.6 ENSAIO 2 - CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE PICÃO-PRETO EM GERMINADOR

Para o bioensaio foram utilizados os extratos de folíolos, pecíolos, casca externa e casca interna do caule na concentração 1% (p/v) em todos os tratamentos. Essa concentração foi a que apresentou os melhores resultados nos testes de germinação em ambos os extratos. Como controle foi utilizado água destilada.

Rolos de folhas de papel germitest foram utilizados como unidade experimental, cada um contendo cinquenta sementes de picão-preto e embebidos com os diferentes tratamentos com um volume em quantidade de 2 a 3 vezes o peso do substrato. Cada tratamento e o controle tiveram cinco repetições.

Os rolos foram mantidos em câmaras de germinação tipo Magelsdorf durante 10 dias com temperatura 25 °C e com fotoperíodo de 12 horas. Após 7 dias as plântulas foram selecionadas e medidas com o auxílio de uma régua milimetrada, o comprimento da raiz principal e a parte aérea das plântulas formadas. Em seguida foram colocadas em rolos de papeis germitest umedecidos com os extratos 1% na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Quatro dias após a aplicação dos extratos as plântulas foram medidas novamente.

### 3.7 ENSAIO 3 - CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE PICÃO-PRETO CULTIVADAS EM SALA DE CRESCIMENTO COM APLICAÇÃO PRÉ E PÓS EMERGENTE DO EXTRATO ETANÓLICO DO PECÍOLO 1%

O ensaio foi conduzido em sala de crescimento do laboratório de Micologia e Plantas Medicinais no campus da UFPR Setor Palotina, durante 46 dias, com temperatura ajustada a 24-25°C, com iluminação de 16 horas e mantidas as condições de umidade do substrato com água destilada durante todo ensaio. A unidade experimental constituiu-se de vasos com capacidade de dois litros, preenchidos com areia esterilizada (autoclavada a 120 graus por 60 minutos). A acidez da areia foi determinada com auxílio de uma fita papel medidor de pH, o substrato apresentou pH igual a 6,0, em conformidade as normas da RAS (MAPA, 2009). Em cada vaso foram semeadas 100 sementes de picão-preto. Todas as plantas que se desenvolveram até o início das medições foram consideradas. Os vasos foram umedecidos com água destilada no início dos testes e a cada 3 dias até a conclusão dos experimentos.

Neste ensaio, realizou-se aplicação do extrato de pecíolos da canjarana na concentração 1% em pré-emergência (T1), em pós-emergência (T2) e em pré e pós-emergência (T3). No controle houve apenas manutenção da umidade do substrato com água destilada. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições.

O volume aplicado de extrato nos tratamentos foi de 10 mL em cada vaso, utilizando um borrifador doméstico. Esse volume foi aplicado em pré-emergência na

superfície do substrato que cobria as sementes e a aplicação em pós-emergência foi feita na superfície das plantas de picão-preto, procurando banha-las totalmente do extrato. A aplicação em pré-emergência (T1 e T3) foi realizada no dia seguinte após a semeadura da planta daninha. Com 14 dias todas as plantas nos vasos foram medidas e a aplicação em pós-emergência (T2 e T3) foi realizada.

A variável analisada neste ensaio foi o crescimento das plantas (altura da planta obtidas através do comprimento em centímetros, com auxílio de régua milimetrada, no 7<sup>o</sup>, 14<sup>o</sup> e 21<sup>o</sup> dias após a data da aplicação dos extratos em pós-emergência).

### 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores obtidos nas variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas através do teste t a 5% para os ensaios 1 e 2, onde os tratamentos foram realizados em diferentes bateladas, e pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o ensaio 3.

No ensaio 1 foi realizada análise de regressão para comparar o efeito das diferentes concentrações de cada extrato sobre os parâmetros analisados, os dados foram transformados com base na equação: Raiz quadrada de  $Y + 0.5 - \text{SQRT} ( Y + 0.5 )$ .

Para as análises utilizou-se o software gratuito SISVAR (versão 5.4, ano 1999), disponibilizado pela Universidade Federal de Lavras.

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE FITOQUÍMICA DOS EXTRATOS

As análises cromatográficas (CCD) dos extratos foram realizadas para a identificação de terpenos, de saponinas e de flavonoides. Observa-se na TABELA 1 a presença de terpenos em todos os extratos estudados e de saponinas apenas nos pecíolos e na casca interna.

TABELA 1 – ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DOS EXTRATOS ETANÓLICOS PREPARADOS A PARTIR DOS FOLÍOLOS, PECÍOLOS, CASCA EXTERNA E CASCA INTERNA DO CAULE DE CANJARANA

Classe de compostos	Folículos	Pecíolos	Casca externa	Casca interna
Saponinas	-	+	-	+
Flavonoides	-	-	-	-
Terpenos	+	+	+	+

presença (+) ou ausência (-)

FONTE: a autora (2017).

Na literatura não são encontrados dados sobre os compostos das partes analisadas da canjarana ou sobre efeito alelopático como herbicida. No entanto, através do conhecimento da composição química e a então presença de terpenos pode-se inferir em possível ação alelopática dessa espécie. A atividade alelopática por terpenos já foi identificada em diversos estudos. Entre os monoterpenos com atividade alelopática se pode citar  $\alpha$  e  $\beta$  pineno e 1,8-cineol produzidos pelos gêneros *Salvia*, *Amaranthus*, *Eucalyptus*, *Artemisia* e *Pinus*. O ascaridol é o componente majoritário do óleo de *Chenopodium ambrosioides* L., sendo um potente aleloquímico contra o crescimento de *Amaranthus hypocondriacus* L. (JIMENEZ-OSORIO et al., 1996). O ácido abscísico, um importante sesquiterpeno, atua como hormônio vegetal e também como agente alelopático (SAMPIETRO, 2006). Batish et al. (2002) verificaram o efeito alelopático da partenina, uma lactona sesquiterpênica isolada das folhas de *Parthenium hysterophorus* L., sobre *Avena fatua* L. e *Bidens pilosa* L., inibindo a germinação e o crescimento.

De acordo com Lovatto et al. (2012) são encontrados triterpenos nas espécies pertencentes à família Meliaceae, da qual pertence a *C. cajerana*. Soares et al. (2006) isolaram e identificaram nos frutos da canjarana o triterpeno cabraleadiol da série



damarano, e o limonóide deacetilfissinolídeo do tipo mexicanolídeo e também o limonóide metilangolensato, possível precursor dos limonóides tipo mexicanolídeos.

Os terpenos e os compostos fenólicos são os dois grupos de aleloquímicos mais amplamente investigados. Alguns terpenoides são capazes de lesionar tecidos de plantas (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). De acordo com Schimidt (2009), provavelmente a maioria desses compostos aleloquímicos possui a alquilação de moléculas orgânicas como mecanismo de ação, permitindo a inibição de uma variedade de enzimas e de outras macromoléculas essenciais aos vegetais. Os terpenos são caracterizados por serem metabólitos que vem recebendo cada vez mais atenção em estudos, devido às suas propriedades biológicas, dentre elas os efeitos alelopáticos (INDERJIT; DAKSHINI, 1994).

As saponinas, encontradas no pecíolo e na casca interna do caule de canjarana, são glicosídeos de esteróides ou de terpenos policíclico que possuem uma parte com característica lipofílica (triterpeno ou esteróide) e outra parte hidrofílica (açúcares), o que determina as propriedades surfactantes das saponinas, assemelhando-se aos detergentes. Em ambiente natural a função das saponinas é comumente ligada a defesa contra os ataques de patógenos e pestes (HARALAMPIDIS et al., 2001). Sua ação lipolífica facilita a complexação das saponinas com esteróides, proteínas e fosfolípídeos das membranas celulares alterando a permeabilidade das mesmas, ou causando sua destruição (SIMÕES et al., 2007).

Embora hajam na literatura vários registros de dados sobre o efeito alelopático das saponinas (RICE, 1984; FERREIRA; AQUILA, 2000; KING; AMBIKA, 2002; MARASCHIN-SILVA; AQUILA 2005; MARASCHIN-SILVA; AQUILA 2006; GUSMAN et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013). Neste trabalho é possível excluir o efeito destes compostos na ação dos extratos uma vez que, de acordo com os resultados da análise cromatográfica (CCD) foram observadas a presença das saponinas no extrato de casca interna do caule (TABELA 1), este apresentou efeito similar ao extrato de casca externa do caule, no qual não se identificou a presença de saponinas.

Embora os flavonoides tenham sido relatados com potencial alelopático em vários trabalhos (ELLIOTT; CHENG, 1987; INDERJIT; DAKSHINI, 1994; EINHELLIG, 1995; RICE-EVANS; PACKET, 1998; TOMITA- YOKOTANI et al., 2004), não foi encontrada a presença dessas substâncias nos extratos através da CCD.

## 4.2 ENSAIO 1 – GERMINAÇÃO DE PICÃO-PRETO

Analisando os resultados obtidos, observou-se que os extratos etanólicos de canjarana, de todas as diferentes regiões da planta, apresentaram diferença estatística entre o controle e os tratamentos na porcentagem de germinação (%G) e no índice de velocidade de germinação (IVG) após 15 dias de avaliação nas concentrações estudadas.

Embora todas as concentrações tenham influenciado na porcentagem de germinação das sementes de *B. pilosa*, houveram diferenças significativas entre as concentrações dos tratamentos (0,25%, 0,50%, 0,75% e 1%) e entre os tratamentos (pecíolos, folíolos, casca externa e casca interna) (TABELA 2). Nas concentrações 0,25%, os extratos de folíolos, pecíolos, casca externa e interna do caule apresentaram redução de 14,07%, 15,46%, 17,97% e 28,21% respectivamente (TABELA 3). Apenas o extrato de casca interna do caule apresentou potencial alelopático estatisticamente superior em relação aos extratos das outras partes da planta nesta concentração.

TABELA 2 – VALORES MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO (%G) DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS A EXTRATOS ETANÓLICOS DE DIFERENTES PARTES DA PLANTA CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1%

Tratamentos	EXTRATOS			
	Folíolos	Pecíolos	Casca externa	Casca interna
Controle	76,80 a	71,60 a	76,80 a	71,60 a
Extrato 0,25%	66,00 b A	60,40 b A	63,00 b A	51,40 b B
Extrato 0,50%	50,80 c A	48,40 c A	32,00 c B	18,40 c C
Extrato 0,75%	34,00 d A	17,50 d B	00,00 d C	00,80 d C
Extrato 1%	29,40 d A	05,33 e B	00,00 d B	00,00 d B
CV (%)	12,46	18,99	10,10	16,91

Letras minúsculas diferentes na coluna mostram os tratamentos que diferem pelo teste t (5%)

Letras maiúsculas diferentes na linha, mostram os tratamentos que diferem pelo teste t (5%).

FONTE: a autora (2017).

Na concentração 0,50% o extrato que demonstrou o resultado mais expressivo foi o de casca interna do caule. Nesta faixa de concentração é possível observar na Tabela 3 que a casca interna do caule reduziu a germinação das sementes de picão-preto em 74,30%, seguido pelo extrato da casca externa que também se diferiu estatisticamente em relação aos outros extratos, conforme indicado na Tabela 2, uma redução de 58,83% na germinação das sementes em relação a ao controle (TABELA 3). Os resultados com menor potencial de redução da germinação,

nessa faixa de concentração, foram dos extratos de folíolos 33,85% e de pecíolos 32,40% (TABELA 3).

TABELA 3 - VALORES INDICANDO A REDUÇÃO DA %G E DO IVG, EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE SEMENTES GERMINADAS NO CONTROLE (100%)

Concentração	%G				IVG			
	Folíolo	Pecíolo	C. externa	C. interna	Folíolo	Pecíolo	C. externa	C. interna
Extrato 0,25%	14,07%	15,64%	17,97%	28,21%	71,38%	72,95%	79,40%	79,06%
Extrato 0,50%	33,85%	32,40%	58,83%	74,30%	82,78%	83,75%	91,09%	94,71%
Extrato 0,75%	55,76%	75,56%	100%	98,88%	89,39%	94,78%	100%	97,88%
Extrato 1%	61,71%	92,50%	100%	100%	90,11%	98,10%	100%	100%

FONTE: a autora (2017).

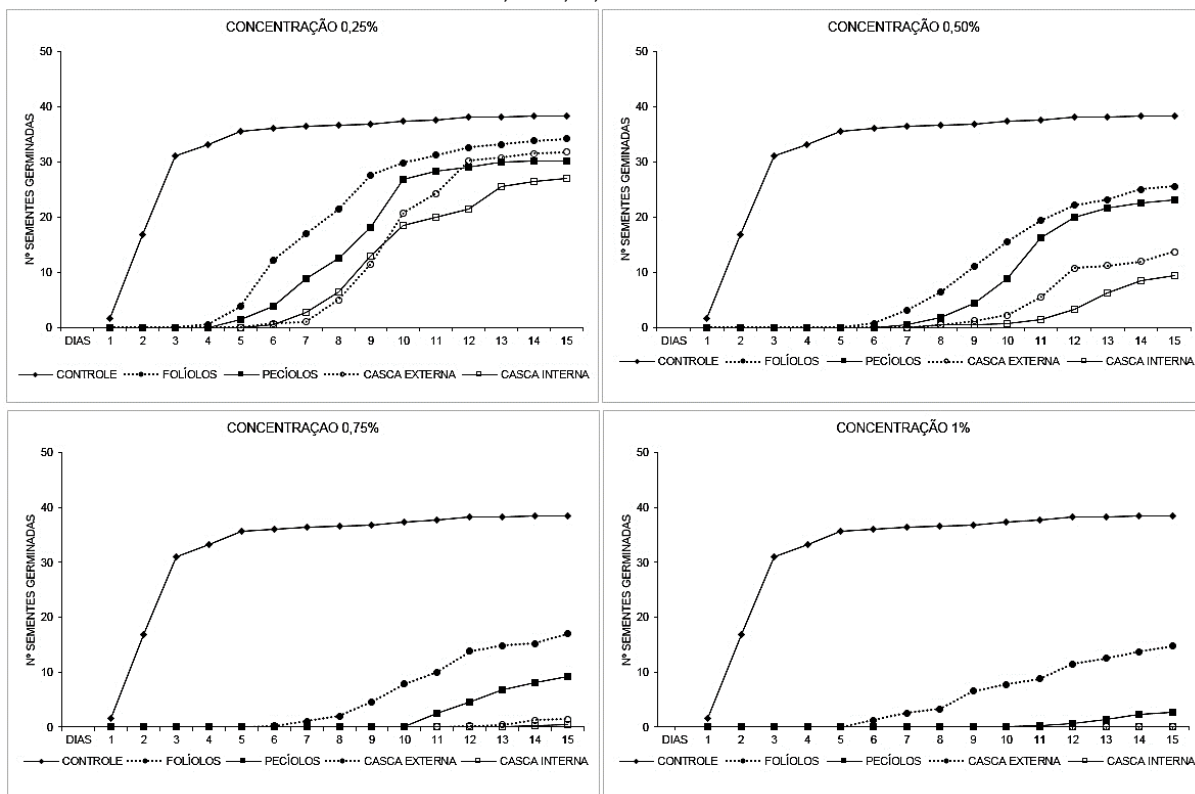
Houveram diferenças significativas entre os extratos na concentração 0,75%; o extrato de folíolos reduziu em 55,76% a porcentagem de germinação, o extrato de pecíolos reduziu a germinação em 75,56%. Para os extratos de casca interna e externa na concentração 0,75% os resultados obtidos foram estatisticamente semelhantes (TABELA 2), a casca interna resultou em 98,88% de redução na germinação e a casca externa cessou a germinação das sementes (TABELA 3).

Os resultados mais expressivos de redução da porcentagem de sementes germinadas ocorreu na fração de concentração 1% de todos extratos. Casca externa e casca interna cessaram a germinação das sementes de *B. pilosa* e, com a mesma significância estatística, de acordo com os dados descritos na Tabela 2. O extrato de pecíolos reduziu em 92,50% a germinação das sementes e o extrato de folíolos apresentou o menor resultado entre os extratos na concentração 1%, reduziu 61,71% a germinação das sementes em relação ao controle (TABELA 3).

O Gráfico 1 demonstra que houveram atrasos na germinação das sementes tratadas com os extratos em todas as concentrações quando comparadas ao controle. A queda na porcentagem de germinação das sementes foi mais acentuada na concentração 1% dos extratos, principalmente nos extratos de pecíolos, casca externa e casca interna do caule.

Embora o potencial osmótico seja um aspecto considerado no comportamento germinativo em relação ao atraso na velocidade de germinação, a formulação das concentrações dos extratos foi obtida a partir de pequenas frações dos extraídos da canjarana, com o intuito de evitar que o fenômeno alelopático fosse mascarado pelo potencial osmótico dos extratos.

GRÁFICO 1 – GERMINAÇÃO ACUMULATIVA DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AOS DIFERENTES EXTRATOS DE CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1%



FONTE: a autora (2017).

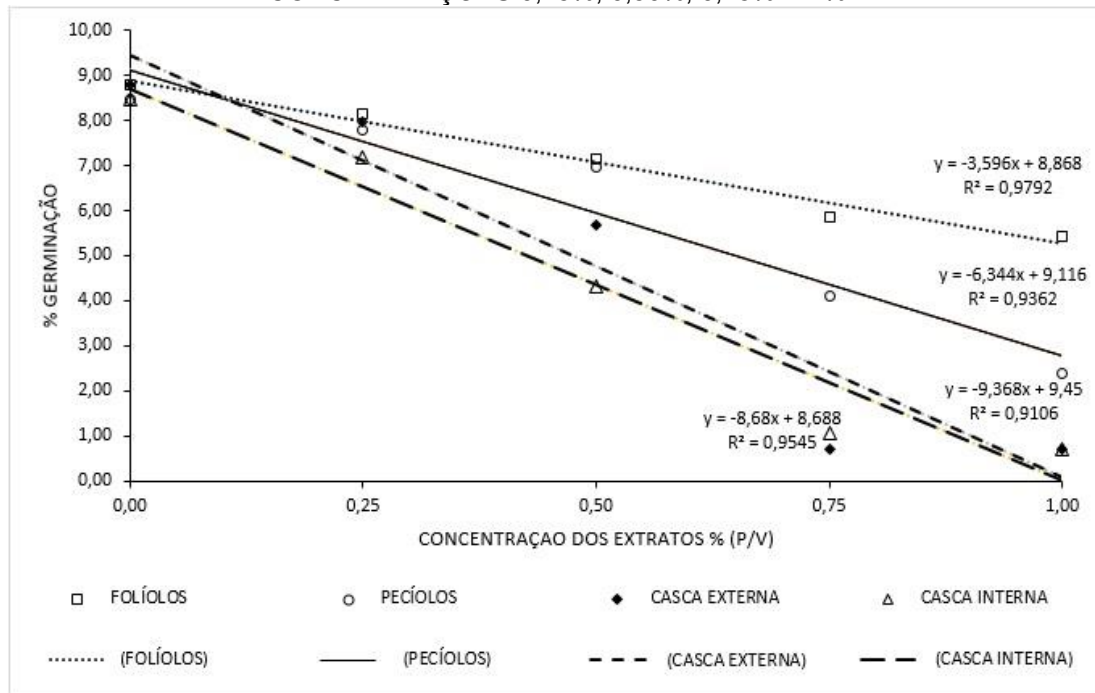
Os resultados se ajustaram a um modelo de regressão linear para os tratamentos. O decréscimo na porcentagem de germinação ocorreu na proporção em que aumentavam a concentração dos extratos (GRÁFICO 2).

Resultados similares foram observados por Corsato et al. (2010) utilizando extrato aquoso de folhas frescas de girassol (*Helianthus annuus* L.), em diferentes concentrações, sobre a germinação das sementes de picão-preto, verificaram que os extratos diminuam a porcentagem de germinação, chegando a cessar a germinação das sementes nos tratamentos com as frações mais concentradas dos extratos. Rigon et al. (2014) obtiveram resultados semelhantes em sementes de *B. pilosa*, testando o efeito alelopático de extratos aquosos de folhas e caule de canola (*Brassica napus* L.) em concentrações variadas, o aumento na concentração dos extratos reduziu potencialmente a porcentagem de germinação das sementes.

O potencial alelopático dos extratos alcoólicos de canjarana sobre a germinação das sementes de *B. pilosa* foram testados em ensaios utilizando concentrações 0,5 e 1%. Os resultados observados nesses testes foram a inibição da germinação das sementes nos parâmetros analisados, porcentagem de germinação

(%G) e velocidade de germinação (IVG), as reduções mais significativas na porcentagem de germinação ocorreram nos testes com o extrato mais concentrado (ACCO et al., 2016).

GRÁFICO 2 – VALORES MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AOS DIFERENTES EXTRATOS DE CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1%



FONTE: a autora (2017).

De acordo com Gonzales (2002) o fluxo de água para o interior das células pode carregar consigo algumas substâncias alelopáticas, resultando em alterações no processo de germinação das sementes, impedindo ou retardando a divisão ou crescimento das células, refletindo em atrasos na germinação. Para Ferreira e Aquila (2000) variações na germinação podem ser resultados de vários efeitos: permeabilidade das membranas, transcrição e tradução do DNA, funcionamento de mensageiros secundários, respiração por sequestro de  $O_2$ , conformação de enzimas e receptores ou das combinações entre esses diversos fatores.

Muitas vezes, o efeito sobre a germinação pode ocorrer não só na porcentagem de germinação, mas na velocidade de germinação provocando atrasos e assim reduzindo o arranque no crescimento inicial das plântulas. Na Tabela 4 o decréscimo na velocidade de germinação das sementes de picão-preto é representado pela redução no índice de velocidade de germinação das sementes. Os dados se ajustaram em equações de regressão lineares, que mostram que as

concentrações mais altas dos extratos resultaram na germinação mais lenta das sementes (GRÁFICO 3).

TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DA VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS A EXTRATOS ETANÓLICOS DE DIFERENTES PARTES DA PLANTA CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1%

Tratamentos	EXTRATOS			
	Folíolos	Pecíolos	Casca externa	Casca interna
Controle	15,27a	13,42a	15,27a	13,42a
Extrato 0,25%	4,37bA	3,63bAB	3,20bB	2,81bB
Extrato 0,50%	2,63cA	2,18cAB	1,36cBC	0,71cC
Extrato 0,75%	1,62cA	0,70dAB	0,00dB	0,27cB
Extrato 1%	1,51cA	0,20dB	0,00dB	0,00cB
CV (%)	18,78	19,8	21,58	21,84

Letras minúsculas diferentes na coluna mostram os tratamentos que diferem pelo teste t (5%)

Letras maiúsculas diferentes na linha, mostram os tratamentos que diferem pelo teste t (5%)

FONTE: a autora (2017)

Os atrasos na velocidade de germinação foram altamente significativos, mesmo na menor concentração dos extratos. Comparados ao controle, os extratos de folíolos, pecíolos, casca externa e casca interna do caule da canjarana na concentração 0,25% foram responsáveis por atrasos na velocidade de germinação das sementes de picão-preto na ordem de 71,38%, 72,95%, 79,40% e 79,06%, respectivamente (TABELA 3). Os extratos de casca externa e interna se diferiram estatisticamente dos extratos de folíolos e pecíolos, tanto na concentração 0,25% como na concentração 0,50% como demonstra a Tabela 4.

Na concentração 50% a redução na velocidade de germinação foi de 82,78%, 83,75%, 91,09% e 94,71% para os extratos de folíolos, pecíolos, casca externa e interna, respectivamente.

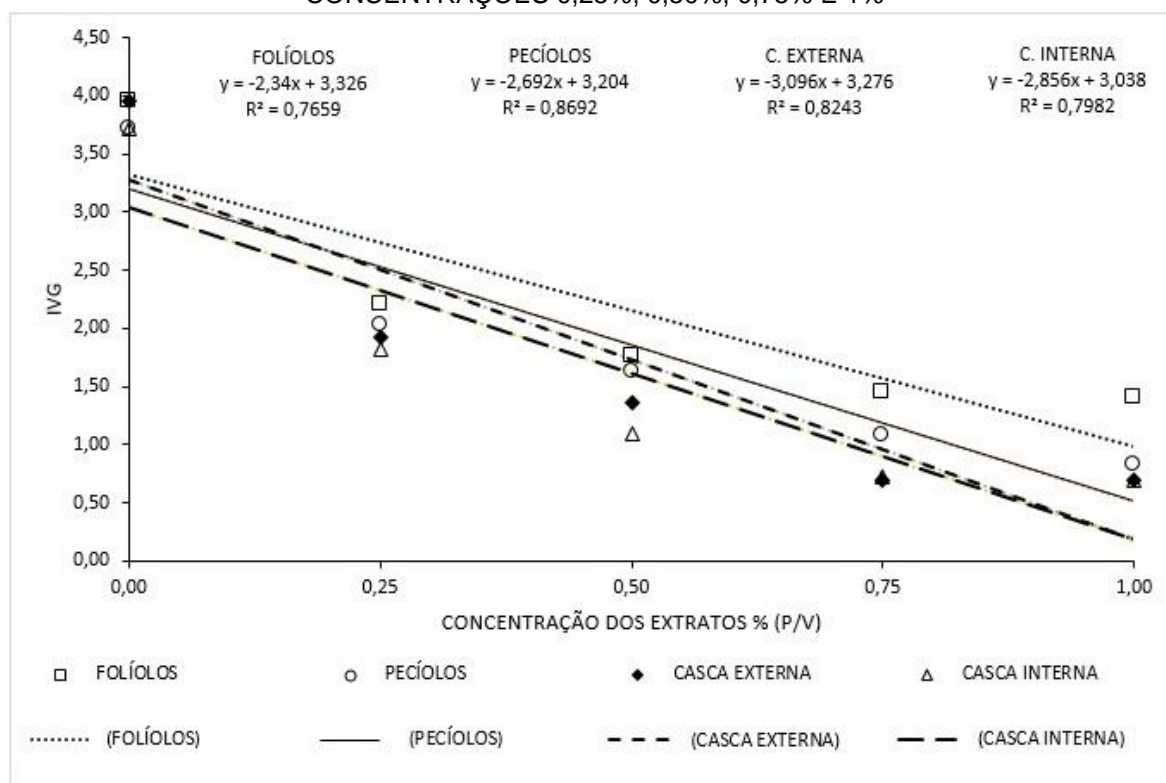
Não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos 0,75% e 1% para cada extrato, quando comparado nestas concentrações. No entanto na comparação entre os extratos (folíolos, pecíolos, casca externa e casca interna) na mesma concentração, houveram diferenças estatísticas entre os extratos das cascas do caule de canjarana em relação aos extratos de folíolos e pecíolos na concentração 0,75%. Os extratos de pecíolos, casca externa e casca interna foram estatisticamente semelhantes entre si na concentração 1% dos tratamentos, e diferiram significativamente do extrato de folíolos (TABELA 4).

Os tratamentos na concentração 0,75% dos extratos de folíolos, pecíolos, casca interna e casca externa reduziram a velocidade de germinação das sementes

em 89,39%, 94,78%, 97,88 e 100%, respectivamente. Os tratamentos na concentração 1% reduziram a velocidade de germinação das sementes de picão-preto em 90,11% com o extrato de folíolos, em 98,10% com o extrato de pecíolos e em 100% com os extratos das cascas do caule da canjarana (TABELA 3).

Resultados semelhantes foram observados por Gomes et al. (2013) ao avaliarem o efeito de extratos de *Lupinus angustifolius* (L.), quanto maior a concentração do extrato maior o tempo necessário para a germinação da semente de picão-preto. Resultados similares com relação a redução na velocidade de germinação de *B. pilosa* associados ao efeito alelopático dos extratos mais concentrados foram descritos nos trabalhos de Corsato et al. (2010), com extrato aquoso de folhas de girassol, e de Rigon et al. (2014), com extrato aquoso de canola.

GRÁFICO 3 – VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AOS EXTRATOS ETANÓLICOS DE DIFERENTES REGIÕES DA PLANTA CANJARANA NAS CONCENTRAÇÕES 0,25%, 0,50%, 0,75% E 1%



FONTE: a autora (2017).

As reduções nos parâmetros analisados sobre a germinação das sementes do picão-preto tratadas com os diferentes extratos da canjarana podem ter seus efeitos relacionados a presença de terpenos nos extratos. A interferência desses compostos em processos de respiração, na síntese de proteínas, nas atividades

enzimáticas, ou causando danos nas membranas são explicações plausíveis a cerca dos efeitos dos extratos nas sementes de picão-preto. Singh et al. (2002), estudando o efeito de quatro monoterpenos - citronelol, citronelal, cineol e linalol na fisiologia de *Cassia occidentalis* observaram o efeito fitotóxico dessa substância sobre os parâmetros de germinação e crescimento da planta. Monoterpenos como  $\alpha$ -pineno e limoneno inibiram o ciclo de nitrogênio, em ação conjunta, os ácidos ferúlico e  $\gamma$ -cumárico influenciam na germinação pela redução da mobilização lipídica.

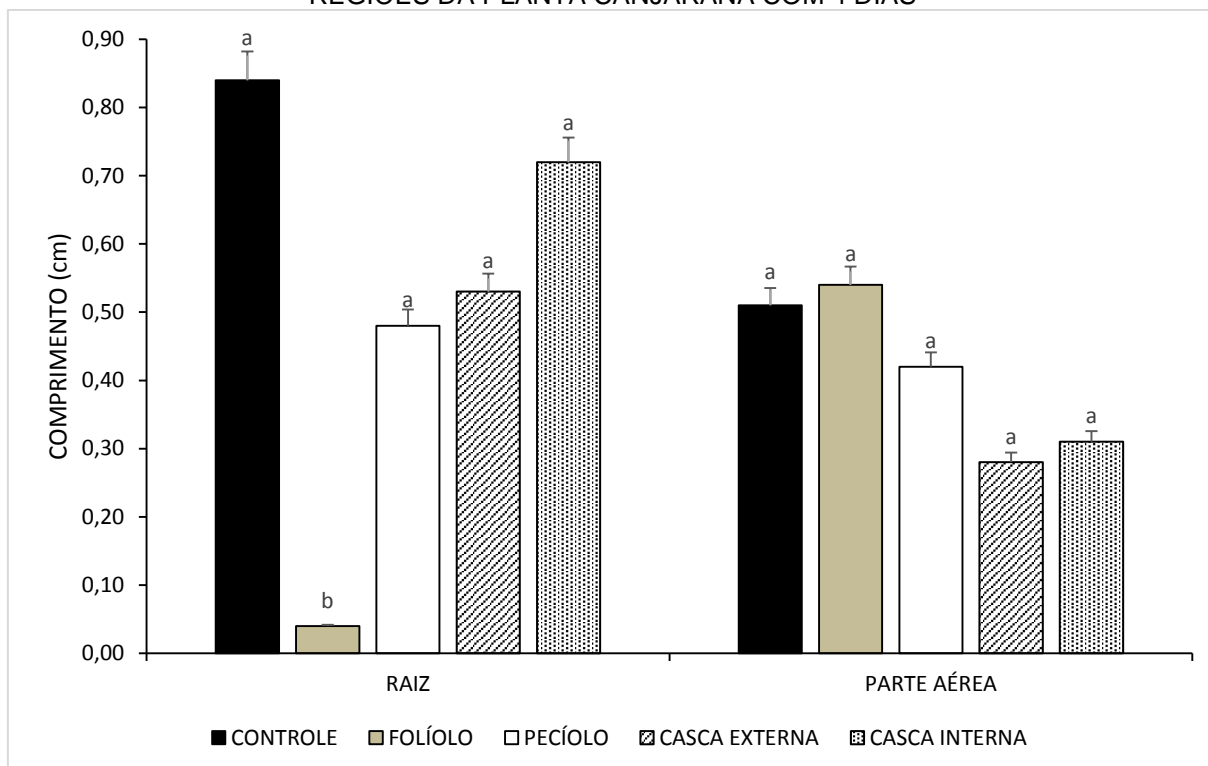
#### 4.3 ENSAIO 2 - CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AOS EXTRATOS ETANÓLICOS 1% DAS DIFERENTES PARTES DA CANJARANA

Em relação ao crescimento inicial das plântulas de *B. pilosa* não houve diferença significativa entre o controle e os tratamentos na variável altura da parte aérea utilizando os extratos 1% de *C. canjerana*. O extrato de folíolos afetou o comprimento da raiz indicando potencial efeito alelopático (GRÁFICO 4). Esse resultado pode ter ocorrido devido o maior contato entre as raízes e o extrato (aleloquímicos) presentes no substrato do que as demais estruturas das plântulas (CHUNG et al., 2001). O sistema radicular das plântulas quando afetado compromete o seu desenvolvimento normal, sendo considerado um dano efetivo para o controle das mesmas. Em geral as raízes são mais sensíveis do que a parte aérea à presença de inibidores, mesmo em concentrações muito baixas (SINGH et al., 1989; MIRÓ et al., 1998; BATISH et al., 2002; SILVA, 2007; SILVEIRA et al., 2012).

Vários estudos evidenciam efeitos dos compostos aleloquímicos sobre raízes primárias (ALVES, 2004; ASHRAFI et al., 2008; CAMARGO, 2013). Esses resultados decorrem devido a maior sensibilidade do sistema radicular das plantas à ação de aleloquímicos. Dentre os mecanismos de ação desses compostos que justifica a redução no comprimento radicular está a regulação do crescimento, que pode ocorrer de diversas formas, seja através da redução da divisão e alongamento celular, ou da interferência na síntese orgânica, ou por interações com hormônios relacionados ao crescimento e desenvolvimento da planta, ou ainda por efeitos nas atividades enzimáticas do metabolismo vegetal (HOFFMAN et al., 2007).



GRÁFICO 4 – VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO DA RAIZ E DA PARTE AÉREA DAS PLÂNTULAS DE PICÃO-PRETO NA PRESENÇA DOS EXTRATOS A 1% DE DIFERENTES REGIÕES DA PLANTA CANJARANA COM 4 DIAS



Letras diferentes na coluna mostram os tratamentos que diferem pelo teste t (5%)

FONTE: a autora (2017)

A redução do comprimento das raízes do picão-preto sob o efeito do extrato de folíolos da canjarana corrobora com os resultados encontrados por Brondani e Simonetti (2016) que avaliaram o efeito de extratos aquosos de crambe em diferentes concentrações sobre a germinação e o desenvolvimento do picão-preto. Os autores concluíram que o comprimento do sistema radicular foi mais afetado negativamente com a fração mais concentrada do extrato.

Pina (2008), verificou a diminuição no comprimento de raízes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) e rabanete (*Raphanus sativus* L.) quando tratadas com extratos de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), e atribuiu a diminuição do comprimento da raiz como uma resposta característica dessa estrutura ao estresse gerado pelos aleloquímicos. Sartor et al. (2015) verificaram resultados semelhantes em experimentos com picão-preto submetidos a extratos a base de *Pinus taeda*, houve redução significativa do tamanho das radículas, prejudicando o desenvolvimento das plântulas.

Percebeu-se que os extratos do folículo da canjarana exercem efeitos inibitórios sobre o crescimento da espécie *B. pilosa* em estágios iniciais no

crescimento radicular. Na etapa inicial do desenvolvimento das raízes, o efeito nocivo é mais intenso, e colaborando com isso, essa estrutura possui um metabolismo elevado e alta sensibilidade a mudanças ambientais (CRUZ-ORTEGA et al., 1998; CHUNG et al., 2001). A influência do extrato em relação ao comprimento da radícula pode estar relacionada com a concentração e solubilidade de um dado aleloquímico, originando os compostos de forma ativa. Esse efeito dificulta o processo de restauração e diminui as chances da planta de voltar ao seu estado natural (MALHEIROS; PERES, 2001).

A redução no comprimento radicular das plântulas indica que, para a espécie em estudo, o extrato dos folíolos de canjarana interfere no desenvolvimento dessa estrutura. Esse efeito foi ocasionado possivelmente pela presença de alguma substâncias alelopáticas capaz de inibir a divisão celular da radícula dessa espécie.

Na literatura foram descritos em vários trabalhos que os monoterpenos inibem a germinação e o crescimento radicular de diversas espécies de vegetais (FISCHER, 1986, 1994; SANTOS; CRUZ-SILVA, 2016). Estes compostos, por causarem a redução da atividade mitótica e a formação de glóbulos lipídicos nas plantas, apresentam atividades fitotóxicas em diversas espécies, ao exemplo do milho, trigo, soja, alfava e pepino (VAUGHN; SPENCER, 1993). O acúmulo de aldeído malônico nas radículas de pepino e cebola submetidas aos óleos de Anacardiaceae indicaram que o monoterpene  $\delta$ -3-careno promoveram o aumento da peroxidação de lipídeos (MONTANARI et al., 2012). Diferentes concentrações de óleo de canela, alecrim-pimenta, capim-citronela foram testadas por Alves et al. (2004) no crescimento radicular de *Lactuca sativa*, as plântulas expostas as altas concentrações não desenvolveram raízes. No caso do capim-citronela o componente citronelal, um monoterpene majoritário do óleo essencial, é possivelmente o responsável pela inibição da germinação e do crescimento da raiz das plântulas de alface (MATTOS, 2000). Triterpenoides de sementes de *Swietenia humilis*, inibiram o crescimento de raízes de *Amaranthus hypochondriacus* e *Echinochloa crusgalli* (ANAYA et al., 1993). Scrivanti et al. (2003), trabalhando com óleo essencial *Tagetes minuta* para avaliar o efeito dos agentes alelopáticos no crescimento de raízes de milho, verificaram alta fitotóxicidade do óleo devido a presença do terpeno ocimenone.

#### 4.4 ENSAIO 3 – CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE PICÃO-PRETO CULTIVADAS EM SALA DE CRESCIMENTO COM APLICAÇÃO PRÉ E PÓS EMERGENTE DO EXTRATO DE PECÍOLO DA CANJARANA 1%

Os extratos de pecíolos na concentração 1% apresentaram um ótimo resultado nos testes de germinação e, ao contrario das cascas do caule, essa região da planta além de ser abundante na estrutura vegetal e não implica na degradação do mesmo para sua coleta.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para as variáveis altura da planta com 7, 14 e 21 dias após aplicação do extrato de pecíolos de canjarana. As aplicações em pré e pós e pós-emergência do extrato reduziram significativamente a altura da planta nos vasos com 14 dias. Em relação ao controle os decréscimos na altura das plantas foram de 16,67% para o tratamento em pré e pós-emergência e de 15,82% no tratamento em pós-emergência. Segundo Moreira e Siqueira (2006) alguns compostos presentes nas plantas precisam sofrer alterações para tornarem-se fitotóxicos, como por exemplo a oxidação e a degradação no ambiente edáfico. Esses compostos são de natureza diversa, entretanto, carboidratos, terpenos, esteróides, gorduras, proteínas e fenil propanoides são os mais ocorrentes e de maior influência entre solo, planta e organismos.

TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DA ALTURA COM 7, 14 E 21 DIAS DAS PLANTAS DE PICÃO-PRETO SUBMETIDAS AO EXTRATO ETANÓLICO 1% DO PECÍOLO DA CANJARANA EM DIFERENTES TRATAMENTOS

Tratamentos	Altura (cm) 7 dias	Altura (cm) 14 dias	Altura (cm) 21 dias
Controle	2,99 a	3,54 a	3,90 a
Extrato em pré-emergência	2,76 a	3,31 ab	3,72 a
Extrato em pré e pós-emergência	2,59 a	2,95 b	3,47 a
Extrato em pós-emergência	2,69 a	2,98 b	3,49 a
CV (%)	7,19	6,10	6,27

Letras diferentes na coluna mostram os tratamentos que diferem pelo teste de Tukey (5%)

FONTE: a autora (2017).

Ao final dos experimentos (21 dias), as plântulas de picão-preto recuperaram o vigor em ambos os tratamentos, com resultados semelhantes ao controle.

O potencial efeito alelopático dos metabólitos secundário das plantas ainda precisa ser melhor estudado para contribuir no desenvolvimento de práticas agrícolas alternativas e sustentáveis. Os resultados obtidos nesse trabalho e as informações

disponíveis na literatura indicam um caminho promissor para estudos com a planta *Cabralea canjerana*.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que o presente trabalho foi realizado, pode-se concluir que a planta *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. apresenta potencial alelopático sobre a germinação do picão-preto. Os resultados demonstram que quanto maior as concentrações dos extratos de canjarana, maiores os efeitos de inibição na germinação. O extrato etanólico dos folíolos apresentaram efeito no crescimento inicial de *Bidens pilosa* L., sendo o comprimento radicular afetado.

Estudos como o deste trabalho podem ser úteis na tentativa de diminuir problemas relacionados a agricultura, como a poluição ambiental ocasionada pelo uso de herbicidas comerciais que, utilizados em altas doses e muitas vezes ineficientes, oferecem riscos à saúde humana e animal e reduzem a diversidade dos agroecossistemas.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O efeito alelopático, as características e as propriedades químicas da *Cabralea canjerana* foram pouco estudados até o momento, por isso, a ausência de metodologias padrão e referências dificulta a realização de experimentos e a comparação de resultados.

Técnicas de separação dos constituintes dos extratos da canjarana, que deem informações sobre a estrutura destes constituintes, como as técnicas de cromatografia gasosa de alta resolução (HRGC), de cromatografia líquida (LC) de alta e de ultra-alta eficiência (HPLC e UHPLC) são recomendações de testes que poderão ser realizados em futuras pesquisas.

Pesquisas laboratoriais que determinem as atividades das enzimas; os inibidores enzimáticos; os efeitos desses inibidores, com potencial herbicida, sobre a germinação o crescimento inicial e o crescimento de plantas adultas; o teor de lignina de raízes, caules e folhas das plantas daninhas após exposição aos inibidores, por meio de microscopia confocal, e as alterações morfológicas, através de microscopia

eletrônica de varredura, são estudos relevantes para o fomento de novas pesquisas sobre o potencial alelopático da espécie *C. canjerana*.

Outro aspecto relevante a ser verificado em trabalhos posteriores, consiste na avaliação dos resultados obtidos em laboratório aplicados em casas de vegetação e posteriormente no campo, utilizando metodologias específicas para estes ambientes.

## REFERÊNCIAS

- ACCO, L. F. Extratos foliares de canjarana (*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.) sob a germinação e crescimento inicial de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). 2016. 761 p. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Agronomia) – UFPR, Palotina, 2016.
- AERTS, R.J.; SNOEIJER, W.; VAN DER MEIJDEN, E.; VERPOORTE, R. Allelopathic inhibition of seed germination by *Cinchona alkaloids*? **Phytochemistry**, Washington, v.30, n.9, p. 2947-2951, 1991.
- ALVES, M. C. S.; FILHO, S. M.; INNECCO, R.; TORRES, S. B. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1083-1086, 2004.
- ALLEM, L. N. **Atividade alelopática de extratos e triturados de folhas de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) sobre o crescimento inicial de espécies alvo e identificação de frações ativas através de fracionamento em coluna cromatográfica**. 2010. 84 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, DF, 2010.
- ALMEIDA, A. R. P. A defesa das plantas. **Ciências Hoje**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 62, p. 38-45, 1990.
- ALMEIDA, F. S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 221-223, 1991.
- 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**. **American Chemical Society**, Washington, p. 224-241, 1993.
- ANAYA, A. L.; RUY-OCOTLA, G.; ORTIZ, L.M.; RAMOS, L. Potencial alelopático de las principales plantas de um cafetal. In: JIMENEZ AVILA, E.; GÓMEZ-POMPA, A. (Eds.) **Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero**. Mexico City, Continental, p.85-94, 1982.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul**: guia de identificação e interesse ecológico. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2002.
- BAIES, H. P. et al. Allelopathy and exotic plants: from genes to invasion. **Science**, v. 301, p. 1377-1380, 2003.
- BALBINOT-JUNIOR, A. A. Manejo das plantas daninhas pela alelopatia. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 17, n. 1, p. 61-64, 2004.
- BARBOSA, L.C.A.; DEMUNER, A. J.; CLEMENTE, A. D. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius raddi*. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, p. 1959–1965, 2007.

BARTOLOME, A.P.; VILLASEÑOR, I.M.; YANG, W.C. *Bidens pilosa* L. (Asteraceae): Botanical properties, traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Evidence Based Complementary and Alternative Medicine**, p.1-51. 2013.

BATISH, D.R.; SINGH, H.P.; KOHLI, R.K.; SAXENA, D. B.; KAUER, S. Allelopathic effects of parthenin against two weedy species, *Avena fatua* and *Bidens pilosa*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 47, p.149-155, 2002.

BRONDANI, S. T.; SIMONETTI, A. P. M. M. **Efeito alelopático de extratos aquosos de crambe (*Crambe abyssinica*) sobre o desenvolvimento inicial de picão-preto (*Bidens pilosa*)**. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016, Anais. Foz do Iguaçu, 2016.

BROWN, P.D., MORRA, M.J., MCCAFFREY, J.P., AULD, D.L.; WILLIAMS III, L. Allelochemicals produced during glucosinolate degradation in soil. **Journal of Chemical Ecology**, vol. 17, p. 2021-2034, 1991.

BURTON, G.W. Antioxidant action of carotenoids. **J. Nutr.** Philadelphia, v.119, n.1, p.109-111, 1989.

CAMARGO, A. P. **Aplicação de compostos polifenólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland na germinação e na emergência de plantas**. 2013. 120 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – UFSC, Florianópolis, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/107391>>. Acesso em 16 de dezembro de 2016.

CAMARGO, P. N. **Herbicidas Orgânicos – Fundamentos Químico Estruturais**. São Paulo: Manole, 1986

CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras; recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: **EMBRAPA-CNP Florestas**. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994.

CANTERLE, L.P. **Erva- mate e atividade antioxidante**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CASTIGLIONI, J. A. Descripción botánica, forestal y tecnológica de las principales especies indígenas de la Argentina. In: COZZO, D. Árboles forestales, maderas y silvicultura de la Argentina. **Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería**. Buenos Aires, Acme, p.38-60, 1975.

COELHO, R.W. Substâncias fitotóxicas presentes no capimannoni. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 255-263, 1986.

CORSATO, J.M.; FORTES, A.M.T.; SANTORUM, M.; LESZCZYNSKI, R. Efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de girassol sobre a germinação de soja e picão-preto. **Semina**, Londrina, v.31, n.2, p.353-360, 2010.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 13-20, 1994.

CHUNG, I. M.; AHN, J.K.; YUN, S.J. Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crusgalli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Crop Protection**, Guildford, v. 922, n. 20, p. 921–928, 2001.

CRUZ-ORTEGA, R.; ANAYA, A. L.; HERNANDEZ-BAUTISTA, B. E.; LAGUNA-HERNANDEZ, G. Effects of allelochemical stress produced by *Sicyos deppei* on seedling root ultrastructure of *Phaseolus vulgaris* and *Cucurbita ficifolia*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, n. 12, 1998.

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; ROMAGNI, J. G.; RIMANDO, A. M. Natural products as sources of herbicide, current status and future trends. **Weed Res**, v. 40, p. 99–111. 2000.

DUKE, S. O.; PAUL Jr., R. N.; LEE, S. M. **Biologically Active Natural Products - Potential Use in Agriculture**; Cutler, H.G., Ed.; Washington, 1988.

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

EINHELLIG, F. A. Allelopathy: Current status and future goals. **Acs Symposium Series**, v.582, p.1-24, 1995.

EINHELLIG, F. A.; SOUZA, I.F. Allelopathic activity of sorgoleone. **Journal of Chemical Ecology**, South Dakota, v. 18, n. 1, p. 1-11, 1992.

ELLIOTT, L.F.; CHENG, H.H. Assessment of allelopathy among microbes and plants. **ACS Symposium Series**, San Francisco, v. 330, p. 504-515, 1987.

FELIX, R. A. Z. **Efeito alelopático de extratos de *Amburana cearensis* (fr. all.) A.C. Smith sobre a germinação e emergência de plântulas**. 2012. 100 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

FERREIRA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Mecanismos de ação de herbicidas**. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. **Anais**. Salvador, 2005.

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

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

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A. GALON, L.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A. . Mecanismo de Ação de Herbicidas. In: ZAMBOLIM, L.; PICANÇO, M. C.; DA SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; JUNIOR, W. C. J. (Org.). **Produtos**



**Fitossanitários** (Fungicidas, Inseticidas, Acaricidas e Herbicidas). 1ed. Viçosa: Suprema Grafica e Editora Ltda, 2008, v. 1, p. 349-383.

FISCHER, N. H. The function of mono e sesquiterpenes as plant germination and growth regulators. In: PUTNAM, A. R.; TANG, C. S. **The Science of Allelopathy**. New York: John Wiley, 1986. p. 203-218.

FISCHER, N. H.; WILLIAMSON, G. B.; WEIDENHAMER, J. D.; RICHARDSON, D. R. In search of allelopathy in the Florida scrub: the role of terpenoids. **Journal of Chemical Ecology**, Washington, v. 20, n. 6, p. 1355-1380, 1994.

FOCKE, M.; LICHTENTHALER H. K. Inhibition of the acetyl-COA carboxylase of barley chloroplasts by cycloxydim and sethoxydim. **Z. Naturforsch**, v. 42, p. 93-95, 1987.

GOMES, F. M.; FORTES, A. M.T.; SILVA, J.; BONAMIGO, T.; PINTO, T. T. Efeito alelopático da fitomassa de *Lupinus angustifolius* (L.) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Zea mays* (L.) e *Bidens pilosa* (L.). **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 48-56, 2013.

GONZALEZ, H. R. Efectos alelopáticos de restos de diferentes espécies de plantas medicinales sobre la albahaca (*Ocimum basilicum* L.) em condiciones de laboratório. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, Havana, v.7, n.2, p.67-72, 2002.

GONZALEZ, V.; NIMBAL, C. I.; WESTON, L. A.; CHENIAE, G. M. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by sorgoleone, a natural product. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Lexington, v. 45, p.1415-1421, 1998.

GOTO, Y.; KOJIMA, Y.; NAKAYAMA, T.; TERAZAWA, M. Allelopathic sesquiterpenoids from rhizomes of *Petasites japonicus* ssp. giganteus Kitam. **Phytochemistry**, Washington, n.57, p.109- 113, 2001.

GUSMAN, G.S.; BITTENCOURT, A. H.C.; VESTENA, S. Alelopatia de *Baccharis dracunculifolia* DC. sobre a germinação e desenvolvimento de espécies cultivadas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 119-125, 2008.

HARALAMPIDIS, K.; BRYAN, G.; QI, X.; PAPADOPOULOU, K.; BAKHT, S.; MELTON, R.; OSBOURN, A. A new class of oxidosqualene cyclases directs synthesis of antimicrobial phytoprotectants in monocots. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 98, n. 23, p. 13431-13436, 2001.

HARBORNE, J. B. **Introduction to Ecological Biochemistry**. London: Academic Press. 1988.

HATZIOS, K.K. Biotechnology applications in weed management: now and in the future, **Adv. Agron**, v. 41, p.325-375, 1987.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. 2016. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/in.asp>>. Acesso em 23 dezembro de 2016.

HICKS, S.K.; WENDT, C.W.; GANNAWAY, J.R.; BAKER, R.B. Allelopathic effects of wheat straw on cotton germination, emergence and yield. **Crop Science**, v. 29, p. 1057-1061. 1989.

HOFFMANN, C. E. F., NEVES, L. A. DAS, BASTOS, C. F. & WALLAU, G. DAL. Atividade alelopática de *Nerium oleander* L. e *Dieffenbachia picta* schott em sementes de *Lactuca sativa* L. e *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.6, n. 1, p. 11-21, 2007.

INDERJIT; DAKSHINI, K. M. M. Allelopathic potential of the phenolics from the roots of *Pluchea lanceolata*. **Physiologia Plantarum**, v.92, p. 571–576, 1994.

INDERJIT; DAKSHINI, K. M. M. On laboratory bioassays in Allelopathy. **The Botanical Review**, v. 61, n. 1, p. 28-44. 1995.

INOUE, M.T.; RODERJAN, C.V.; KUNIYOSHI, Y.S. **Projeto madeira do Paraná**. Curitiba: FUPEF, 1984.

ISMAN, B. M. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection.**, vol.19, p. 603–608, 2000.

IVANCHECHEN, S.L. **Estudo morfológico e terminológico do tronco e casca de 30 espécies arbóreas em floresta ombrófila mista**. 1988. 221 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1988.

JIMENEZ-OSORIO, F.M.V.Z.J.; KUMAMOTO, J.; WASSER, C. Allelopathic activity of *Chenopodium ambrosioides* L. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 24, p. 195-205. 1996.

KALSI, P.S.; KAUR, G.; SHARMA, S.; TALWAR, K.K. Dehydrocostuslactone and plant growth activity of derived guaianolides. **Phytochemistry**, Washington, v. 23, n.12, p. 2855-2861, 1984.

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

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf Brasileira, 1992.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2003. Disponível em: <[http://www.hracbr.com.br/arquivos/texto\\_resistencia\\_herbicidas.doc](http://www.hracbr.com.br/arquivos/texto_resistencia_herbicidas.doc)> Acesso em: 01 de maio de 2016.

KLEIN, R. M. **Flora Ilustrada Catarinense: Meliáceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1984.

KOHLI, A.; LEECH, M.; VAIN, P.; LAURIE, D. A.; CHRISTOU, P. Transgene organization in rice engineered through direct DNA transfer supports a two-phase

integration mechanism mediated by the establishment of integration hot spots. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 95, p. 7203-7208, 1998.

KRUSE, M. STRANDBERG, M. STRANDBERG, B. **Ecological effects of allelopathic plants - a review**. Ministry of Environment and Energy of Denmark. National Environmental Research Institute, 2000.

KRUSE, N. D. **Inibidores da síntese de carotenóides**. VIDAL, R.A., MEROTTO JR, A. (Editores). In: *Herbicidologia*. Porto Alegre, p.113 - 122. 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, Stuttgart: Eugen Ulmer, 2000.

LEE, D. L. The discovery and structural requirements of inhibitors of phydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Weed Science**, v. 45, p. 601-609. 1997.

LI, J.; OU-LEE T. M.; RABA, R.; AMUNDSON, R. G.; LAST, R. L. *Arabidopsis* mutants are hypersensitive to UV-B radiation. **Plant Cell**, v. 5, p. 171-179. 1993.

LONGHI, R. A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do Sul**. Porto Alegre: L & PM, 1995.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa, 6ª. Edição, Editora Plantarum, 339 p. 2006.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais no Brasil**, 2ª edição, São Paulo. Instituto Plantarum, 2008.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 2ª. Edição, São Paulo, Instituto Plantarum, 2000.

LOVATTO P. **As Plantas Bioativas como Estratégia à Transição Agroecológica na Agricultura Familiar**. 2012. 392 p. Tese (Doutorado em Agricultura familiar) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

LUCCHETTI, L.; TEIXEIRA, D.F.; BARBI, N.S. SILVA, A. J. R. *Bidens pilosa* L. (Asteraceae), **Revista Fitos**, Manguinhos, v.4, p.60-70. 2009.

MACÍAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MASSANET G.M. Potential allelopathic activity of several sesquiterpene lactone models. **Phytochemistry**, Washington, v.31, n.6, p.1969-1977, 1992.

MACÍAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MOLINILLO, J.M.G.; CASTELLANO, D. Dehydrozaluzanin C: a potent plant growth regulator with potential use as a natural herbicide template. **Phytochemistry**, Washington, v.54, p.165-171, 2000.

MACÍAS, F. A.; MOLINILLO, J. M. G.; TORRES, A.; VARELA, R. M.; CASTELLANO, D. Bioactive flavonoids from *Helianthus annuus* cultivars. **Phytochemistry**, Washington, v.45, n.4, p. 683-687, 1997.

MACIAS, F. A.; MOLINILLO, J. M. G.; VARELA, R. M.; GALINDO J. C. G. Allelopathy - a natural alternative for weed control. **Pest Management Science**, vol. 63, p. 327–348, 2007.

MACÍAS, F. A.; VARELA, R. M.; TORRES, A.; MOLINILLO, J. M. G. Potential allelopathic guaianolides from cultivar sunflower leaves, var. SH-222. **Phytochemistry**, Washington, v.34, n.3, p.669- 674, 1993.

MALHEIROS, A; PERES M. T. L. P. Alelopatia: interações químicas entre espécies. In: YUNES, R. A; CALIXTO, J.B. **Plantas medicinais sob a ótica da química medicinal moderna**. Chapecó: Argos, p. 503-523, 2001.

MALLIK, M.; OLOFSDOTTER, A. U. Allelopathy symposium. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 1, p.1-2, 2001.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M. E. A. Contribuição ao estudo do potencial alelopático de espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 547-555, 2006.

MARASCHIN-SILVA, F.; ÁQUILA, M. E. A. Potencial alelopático de *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 60, p. 91-98, 2005.

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

MATTOS, S. H. **Estudos fitotécnicos da *Mentha arvensis* L. var. Holmes como produtora de mentol no Ceará**. 2000, 98p. Tese de doutorado, Fortaleza: UFC/CCA, Fortaleza, 2000.

MAY, F.E.; ASH, J. E. An assessment of allelopathic potential of *Eucalyptus*. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.38, p.245-254, 1990.

MINASSA, E. M. C.; RUBIM, R. F.; SOUZA, C. L. M.; SILVA, W. C.; FREITAS, I. L. J.; LELIS, R. T.; FREITAS, S. P. **Atividade alelopática in vivo da casca de café conilon e arábica sobre emergência total de sementes espécies cultivadas e espontâneas**. In: XXIX Congresso Brasileiro da Ciências das Plantas Daninhas, Gramado - RS, 2014.

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

MIZUTANI, J. Selected Allelochemicals. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 18, n. 5, 653-671. 1999.

MONTANARI, R. M.; BARBOSA, L. C. A. ; DEMUNER, A. J. ; SILVA, C. J. ; ANDRADE, N. J. ; ISMAIL, F. M. D. ; BARBOSA, MARIA C. A. . Exposure to

anacardiaceae volatile oils and their constituents induces lipid peroxidation within food-borne bacteria cells. **Molecules**, v. 17, p. 9728-9740, 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. S. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora UFLA, Lavras, 2.ed.,729 p., 2006.

OLIVEIRA JR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: DE OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 22 ed. Curitiba, Ompipax, p. 141-191, 2011. Disponível em: <[http://omnipax.com.br/site/?page\\_id=108](http://omnipax.com.br/site/?page_id=108)>. Acesso em: 02 fev. 2016.

OLIVEIRA, L. G. A.; BELINELO, V.J.; ALMEIDA, M. S.; AGUILAR, E. B.; VIERA FILHO, S. A. Alelopatia de *Emiliasonchifolia* (L.) DC. (Asteraceae) na germinação e crescimento inicial de sorgo, pepino e picão preto. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 7, n.12, 2011.

PARVEZ, M. M. et al. Effects of quercetin and its seven derivatives on the growth of *Arabidopsis thaliana* and *Neurospora crassa*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 32, n. 7, p. 631-635, 2004.

PENNINGTON, T. D. Meliaceae. In: **Flora neotropica**. Monograph, n. 28. The N.Y.Bot. Garden. 1981.

PEREIRA, W. Manejo e controle de plantas daninhas em áreas de produção de sementes de hortaliças. In: Curso sobre tecnologia de produção de sementes de hortaliças, 2004, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**, 2004.

PIERDONA, F. G NAZARETH, L. M. B.; TOLEDO, J. L.; SILVA, R. C. C. E.; SILVA, D. A. A.; GOMES, A. S.; OLIVEIRA, S. C. C.; PEREIRA, L. A. R.; ANDRE, M. S. F. **Allelopathic effect of *Arabidopsis thaliana* overexpressing the GGR gene in sesame (*Sesamum indicum* L.)**. In: 16th International Biotechnology Symposium and Exhibition, 2014, Fortaleza. Biotechnology for the Development of a Green Economy, v. 1, p. 303-304, 2014.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: DE OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 22 ed. Curitiba, Ompipax, p. 141-191, 2011. Disponível em: <[http://omnipax.com.br/site/?page\\_id=108](http://omnipax.com.br/site/?page_id=108)>. Acesso em: 02 fev. 2016.

PIRES, R. M. O.; FRANÇA, A. C.; NERY, M. C.; SILVA, L. H. M. C.; SANTOS, S. R.; REIS, R. R. F.; REIS, L. A. C. **Potencial alelopático de cascas de café no crescimento de plantas**. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, Ribeirão Preto. Anais, p. 1082-1086. 2010.

PINA, G. de O. **Efeito alelopático de extrato aquosos foliar de *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae-cagaita) na germinação, crescimento e morfo-anatomia de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae-gergelim) e *Raphanus sativus* L. (Brassicaceae-rabanete)**. Brasília. 119 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

PUTNAM A.R, DE FRANK J. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. **Crop Protection**, v. 2, London, Butterworth & Co (Publishers), p. 173-181, 1983. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/026121948390042X>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul (SUDESUL) – Governo do Estado do Rio Grande do Sul (RS) – Herbário Barbosa Robrigues (HBR), 525 p. 1988.

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

RICE-EVANS, C.A.; PACKER, L. **Flavonoids in Health and Disease**. New York: MarcelDekker, 1998.

RIGON, C. A. G.; SALAMONI, A. T.; CUTTI, L.; AGUIAR, A. C. M. Germinação e desenvolvimento inicial de picão preto e nabo forrageiro submetidos a extratos de canola. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.8, n.2, p.25-28, 2014.

RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. Exploitation of allelochemicals in improving crop productivity. In RIZVI, S.J.H.; RIZVI, H. (Eds.) **allelopathy: Basic and applied aspects**. London, **Chapmann & Hall**, 1992.

RODRIGUES, B. N.; PASSINI, T.; FERREIRA, A.G. Research on allelopathy in Brazil. In: NARWAL, S.S. (Ed.) **Allelopathy Update Enfield**, Science Pub. v.1, p.307-323.1999.

RODRIGUES, F. C. M.; LOPES, B. M. Potencial alelopático de Mimosa caesalpinaefolia Benth sobre sementes de Tabebuia alba (Cham.) Sandw. Floresta e Ambiente, **Seropédica**, v. 8, n. 1, p. 130-136, 2001.

SAMPIETRO, D. A. **Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia**. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán Ayacucho, 2007. Disponível em: <<http://www.biologia.edu.ar/plantas/alelopatia.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

SANTOS, V. R; CRUZ-SILVA, C. T. A. Efeito alelopático de capim citronela sobre a germinação e o desenvolvimento de alface. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 9, p. 113-134, 2016.

SANTOS, W. D. **Aspectos anatômicos e bioquímicos de raízes de soja (*Glycine max* L. Merrill) submetidas ao ácido ferúlico**. 2007, 76f. Tese (Doutorado em Biologia Celular), Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2007. Disponível em:<<http://www.pbc.uem.br/WanderleyDO2007.pdf>> Acesso em: 07 fev. 2017.

SARTOR, L. R.; LOPES, L.; MARTIN, T. N.; ORTIZ, S. Alelopatia de acículas de pínus na germinação e desenvolvimento de plântulas de milho, picão preto e alface. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, n.2, p.470-480, 2015.

SCHIMIDT, T. J. Toxic activities of sesquiterpene lactones: structural and biochemical aspects. **Current Organic Chemistry**, v.3, n.3, p.577-608, 1999.

SCRIVANTI, L. R.; ZUNINO, M. P.; ZYGADLO, J. A. *Tagetes minuta* and *Schinus areira* essential oils as allelopathic agents. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.31, p.563-72, 2003.

SCHUMANN, A.W.; LITTLE, K.M.; ECCLES, N.S. Supression of seed germination and early seedling growth by plantation harvest residues. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretória, v.12, p.170-172, 1995.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmagnosia**: da planta ao medicamento. 6.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.

SILVA, F. A. M. **Seleção de micro-organismos com potencial de produção alelopáticos para o controle de plantas daninhas**. 2004, 60 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-18052005-143712/pt-br.php>>. Acesso em: 05 jul. 2016.

SILVA, F. L.; FISCHER, D. C. H. F.; TAVARES, J. F.; SILVA, M. S.; ATHAYDE-FILHO, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Compilation of secondary metabolites from *Bidens pilosa* L. **Molecules**, Basel, v. 16, p. 1070-1102, 2011.

SILVA, G. B.; MARTIM, L.; SILVA, C. L.; YOUNG, M., C., M.; LADEIRA, A. M. **Potencial alelopático de espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Instituto de Botânica, Seção de Fisiologia e Bioquímica de Plantas, São Paulo, 2006.

SILVA, W. A. **Potencial alelopático de extratos do cumarú (*Amburana cearensis* A. C. Smith) e da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir) na germinação e crescimento de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), milho (*Zea mays* L.) e feijão guandu (*Cajanus cajan* L.)**. 2007, 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, 2007.

SILVEIRA, P. F.; MAIA, S. S. S.; COELHO, M. F. B. Potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. na germinação de *Lactuca sativa* L. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n. 3, p. 472-477, 2012.

SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KAUR, S.; RAMEZANI, H.; KOHLI, R. K. **Comparative phytotoxicity of four monoterpenes against *Cassia occidentalis***. *Annals of Applied Biology*, v.141, n.2, p.111-6, 2002.

SINGH, H. P.; KAUR, S.; MITTAL, S.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K. Essential oil of *Artemisia scoparia* inhibit plant growth by generating reactive oxygen species and causing oxidative damage. **J. Chem. Ecol**, v.35, p.154–162, 2009.

SINGH, M.; TAMMA, R. V.; NIGG, H. N. HPLC identification of allelopathic compounds from *Lantana cantara*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.15, n.1, p.81-89, 1989.

SOARES, G. L. G.; VIEIRA, T. R. Inibição da germinação e do crescimento radicular de alface (var. grand rapids) por extratos aquosos de cinco espécies de Gleicheniaceae. *Floresta e Ambiente*, **Seropédica**, v. 7, n. 1, p. 180-197, 2000.

SOARES, M. S.; SILVA, M. F. G. F.; FERNANDES, J.B.; VIEIRA, P. C. **Metabólitos secundários dos Frutos de *Cabralea canjerana*, uma contribuição à Quimiosistemática do Gênero**. In: 29a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2006, Águas de Lindóia. Anais da 29a. RASBQ, 2006.

SOUTO, X.C.; GONZALEZ, L.; REIGOSA, M.J. Comparative analysis of allelopathic effects produced by four forestry species during decomposition process in their soils in Galicia (NW. Spain). **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 3005-3015, 1994.

SOUZA FILHO, A. P. S.; LÔBO, L. T.; ARRUDA, M. S. P. Atividade alelopática em folhas de *Tachigali myrmecophyla* (LEG. – PAP.). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 557-564, 2005.

SOUZA FILHO, A.P.; ALVES, S.M. **Alelopatia**: princípios básicos e aspectos gerais. Belém: Embrapa Amazônica Oriental, 260 p. 2004.

SOUZA FILHO, A.P.S.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Potencial alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 53-60, 1997.

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

TIMBEKOVA, A. E.; ISAEV, M. I.; ABUBAKIROV, N. K. Chemistry and Biological Activity of triterpenoid glycosides from *Medicago sativa*. In *Advances in Experimental Medicine and Biology - Saponins used in food and agriculture*. v. 405, Waller GR, Yamasaki K (Eds). **Plenum Press**, New York. p. 171-182, 1996.

TOKURA, L. K.; NÓBREGA, L. H. P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 379-383, 2006.

TOMITA-YOKOTANI, K. et al. Flavonoids isolated from pericarps of *Hylocereus undatus* (Cactaceae) as allelochemicals, **Phytochemistry**, Washington, v.65, p.1247-1253, 2004.

VARGAS, L. et al. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa, MG: Jard, 131 p., 1999.

VENZON, M.; ROSADO, M.C.; EUZÉBIO, D.E.; PALLINI, A. Controle biológico conservativo. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (Eds.). **Controle alternativo de doenças e pragas**. Viçosa: EPAMIG. p.1-22, 2005.



VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Análise do risco da ocorrência de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 15, n. 12, p. 152-161, 1997.

VAUGHN, K. C.; LEHNEN, L. P. JR. Mitotic Disrupter Herbicides. **Weed Science**, v. 39, p. 450-457. 1991

VAUGHN, S. F.; SPENCER, G. F. Volatile monoterpenes as potential parent structures for new herbicides. **Weed Science**, v. 68, p. 821-831, 1993.

VYVYAN JR. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. **Tetrahedron**, p.1631-1636. 2002.

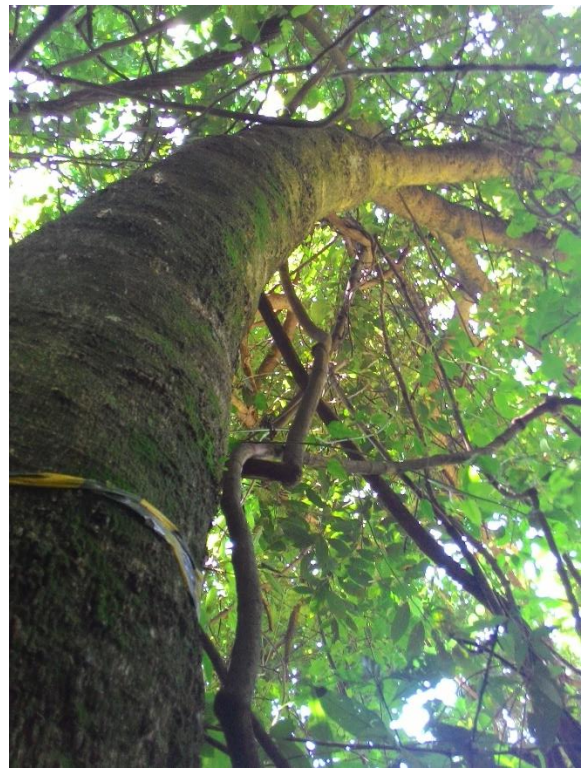
WALLER, G.R.; KUMARI, D.; FRIEDMAN, J.; FRIEDEMANN, N.; CHOU, C.H. Caffeine autotoxicity in *Coffea arabica* L. In: PUTNAM, A.R.; TANG, C.S. (Eds.). **The science of allelopathy**. New York, John Wiley & Sons, p.243-269.1986.

WELLER, S. C.; THILL, D.; BRIDGES, D. C.; VAN SCOYOC G. E.; GRAVEEL, J. G; TURCO JÚNIOR, R. F.; GOLDSBROUGH, P.; RUHL, G. E.; HOLT, H. A.; REICHER, Z. J.; WHITFORD, F. **Herbicide Action Course: an intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soils**. West Lafayette. Purdue University, 975 p., 2003.

XUAN, T.D; SHINKICHI, T.; KHANH, T.D.; MIN, C.I. Biological control of weeds and plant pathogens in paddy rice by exploiting plant allelopathy: an overview. **Crop Protection**, v. 24, n. 3, p.197-206. 2005.

YU, J.Q., MATSUI, Y. Effects of root exudates of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicalson uptake by cucumber seedlings. **J. Chem. Ecol.** v. 23, p. 817–827. 1997.

## APÊNDICE A – CANJARANA



*Cabralea canjerana* Vell (Mart.) no campus da UFPR – Setor Palotina



## APÊNDICE B – PARTES DA PLANTA CANJARANA UTILIZADAS NO PREPARO DOS EXTRATOS



Folículos, pecíolos, casca externa e casca interna utilizados na elaboração dos extratos