

Análise fitoquímica e potencial alelopático das cascas de *Pouteria ramiflora* na germinação de alface

Ademir KM Oliveira; Kelly CL Pereira; Jéssica AI Muller; Rosemary Matias

Universidade Anhanguera-Uniderp, R. Alexandre Herculano 1400, Jd. Veraneio, 79037-280 Campo Grande-MS; akmorbeckoliveira@gmail.com (autor para contato)

RESUMO

Alelopatia é a capacidade que determinadas plantas têm de interferir no metabolismo de outras, por meio de substâncias liberadas no ambiente, podendo ser uma alternativa de combate às plantas invasoras, dispensando ou reduzindo a utilização dos herbicidas. Levando-se em consideração este fator, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial alelopático da parte externa e interna da casca de *P. ramiflora* na germinação e crescimento inicial de plântulas de alface. Os extratos foram obtidos via turbolise, sendo 40 g da planta para 200 mL de água/álcool. Os bioensaios foram diluídos do extrato bruto (20%) em concentrações de 2,5, 5, 10 e 15% e o delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com médias comparadas pelo teste de Tukey. Não foi observada alteração na germinação nas concentrações dos extratos testados (etanólico e aquoso das partes externa e interna) das cascas de *P. ramiflora*, além dos extratos também não terem interferido na velocidade de germinação e tempo médio de germinação. Porém, as diferentes concentrações prejudicaram o desenvolvimento da raiz e da parte aérea, principalmente as concentrações de 2,5 e 5,0% do extrato etanólico da parte interna da casca, efeito associado à presença de esteróides e triterpenos, presentes neste extrato. A casca de *P. ramiflora*, apesar de não afetar negativamente as taxas de germinação, possui a presença de aleloquímicos que interferiram negativamente no crescimento das plântulas de alface, indicando efeito alelopático e potencial de utilização.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, alelopatia, aleloquímico, Sapotaceae, “curriola”.

ABSTRACT

Phytochemical analysis and allelopathic effects of *Pouteria ramiflora* bark on lettuce seeds germination

Allelopathy is the ability that a plant has to interfere in the metabolism of another plant by means of substances released into the environment, being a potential alternative to control weeds, avoiding the use of herbicides. The purpose of this study was to evaluate the allelopathic potential of the bark of *P. ramiflora* in germination and initial growth of lettuce seeds. The extracts were obtained by turbolise, 40 g of the plant to 200 mL of water/ethanol; bioassays were diluted in the crude extract (20%) at concentrations of 2.5, 5, 10 and 15% and the statistical design was completely randomized and the averages compared by Tukey test. There was no change in germination in any of the evaluated concentrations of the extract (aqueous and ethanolic part, external and internal) from the bark of *P. ramiflora*. Germination speed index and average time of germination were not affected by any treatment. However, the different concentrations affected root and shoot development, mainly 2.5 and 5.0% of the ethanolic extract inside of the bark (internal part), effect related to the presence of steroids and triterpenes found only in this extract. The bark of *P. ramiflora* did not hamper germination rates, but presented allelochemicals that interfere negatively on the growth of lettuce seedlings, indicating allelopathic effect and potential use.

Keywords: *Lactuca sativa*, allelopathy, allelochemicals, Sapotaceae, “curriola”.

(Recebido para publicação em 13 de junho de 2012; aceito em 6 de outubro de 2013)

(Received on June 13, 2012; accepted on October 6, 2013)

Determinadas espécies vegetais possuem substâncias químicas que, quando liberadas no meio, interferem de forma positiva ou negativa no desenvolvimento de outras plantas. Este processo é chamado de alelopatia, tendo como principal função diminuir ou eliminar a competição por recursos. Os compostos aleloquímicos agem inibindo a germinação das sementes e/ou interferindo no desenvolvimento das plântulas que germinam ou crescem próximas do vegetal que libera os metabólitos; porém algumas vezes, um composto que é tóxico para uma espécie pode não ser para outra (Rice, 1984; Ferreira & Borghetti,

2004; Fujii & Hiradate, 2007).

Os efeitos alelopáticos causados nas plantas são mediados por substâncias pertencentes a vários compostos secundários como alcalóides, cumarinas e fenóis, podendo ser liberados por volatilização, lixiviação da parte aérea ou da matéria em decomposição no solo e também por exsudação das raízes (Macias *et al.*, 2003; Fujii & Hiradate, 2007).

Esses compostos estão presentes em diferentes órgãos das plantas e, as funções biológicas mais prejudicadas nos vegetais são, entre outras, o crescimento e a atividade fotossintética, sendo que

o meio mais comum para determinar o potencial alelopático de uma planta é o estudo do efeito do extrato do vegetal avaliado sobre sementes ou plântulas de espécies cultivadas (Macias *et al.*, 2003; Zeng *et al.*, 2010).

Entre as espécies estudadas está *Pouteria ramiflora*, distribuída na região Amazônica e Centro-Sul do Brasil, sendo conhecida popularmente como curriola, brasa-viva ou fruta-de-veado (Lorenzi, 2008) e figo do cerrado, por apresentar fruto comestível (Coelho *et al.*, 2009). É utilizada na medicina popular do Cerrado mato-grossense para o tratamento de hiperlipidemias e obesi-

dade (Silva *et al.*, 2010a) e suas raízes são empregadas para tratar verminoses, disenteria, dor e inflamação (Condessa, 2011). Apresenta potencial anti-inflamatório e antinociceptivo (Fontes Junior, 2009), citotóxico (Silva *et al.*, 2009), antimicrobiano, antifúngico (Costa *et al.*, 2003) e potencial antioxidante e fotoprotetor (Silva, 2007).

A respeito da atividade alelopática, o extrato etanólico e as frações clorofórmicas e acetato de etila, assim como o extrato seco (pó) das folhas de *P. ramiflora*, coletadas na região de Cerrado de Mogi-Guaçu-SP, apresentaram efeito inibidor para a germinação das sementes de alface (*Lactuca sativa*) (Silva *et al.*, 2006). Recentemente, Condessa (2011) também avaliou o potencial alelopático dos extratos hexânico, etanólico e aquoso das folhas de exemplares coletados em Brasília sobre sementes de alface e tomate (*Solanum lycopersicum*).

A diversidade de atividades reportada para as folhas de *P. ramiflora* pode estar ligada às diferentes classes de metabólitos secundários. Para as espécies da família Sapotaceae é citada a ocorrência de flavonóides e triterpenos. Especificamente, os flavonóides são apontados como marcadores quimiota-xonômicos (miricitrina) para o gênero *Pouteria*, com maior frequência nas folhas e os triterpenos, encontrados além das folhas, nos demais órgãos (Silva *et al.*, 2009). Também é citada a presença de alcalóides, benzenóides e fenilpropanóides (Montenegro, 2006). Em espécies que ocorrem em regiões do Cerrado brasileiro, existe a ocorrência de hidrocarbonetos de cadeia longa, álcoois, ácidos e ésteres (Silva *et al.*, 2009).

Os aleloquímicos, uma vez liberados para o ambiente, influenciam de maneira decisiva a dinâmica das espécies que compõem os agroecossistemas e atualmente têm se apresentado como uma solução alternativa na busca de novas fontes de herbicidas. Assim, identificar espécies com capacidade de interferir na germinação ou crescimento de outras plantas representa uma das estratégias para o manejo de plantas daninhas em cultivos orgânicos, com a redução do uso de herbicidas, inseticidas e outros produtos artificiais empregados na agri-

cultura (Weir *et al.*, 2004).

Assim, os compostos encontrados nas plantas podem ser uma alternativa oportuna para a agricultura no controle de plantas daninhas sem causar danos ao ambiente, permitindo obter produtos de alta qualidade sem a presença de agentes contaminantes através dos chamados bioherbicidas (Zeng *et al.*, 2010).

Considerando que trabalhos sobre a atividade alelopática com a espécie *P. ramiflora* foram realizados apenas com as folhas e, ainda tendo como base as propriedades alelopáticas e medicinais relatadas, o objetivo deste trabalho foi determinar a classe de metabólitos secundários presentes no extrato aquoso e etanólico da parte interna e externa da casca de *Pouteria ramiflora* e seus efeitos sobre a germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Lactuca sativa*.

MATERIAL E MÉTODOS

Cascas de *Pouteria ramiflora* foram coletadas manualmente nos meses de março e abril de 2011, com auxílio de facão, diretamente do caule (na altura aproximada de 1,5 m) de árvores matrizes localizadas em matas na região do Taboco, município de Corguinho (19°49'S, 54°50'O, 320 m altitude) no estado do Mato Grosso do Sul. As cascas foram acondicionadas em sacos de polietileno estéreis, e levadas para laboratório da Universidade Anhanguera-Uniderp, em Campo Grande-MS, onde foram colocadas sobre bancadas forradas com papel, para secagem à temperatura ambiente ($\pm 27^\circ\text{C}$) por 72 horas.

As cascas foram separadas em partes interna e externa, levando em consideração que a parte interna é o tecido vivo (periderme, córtex e floema secundário) e a externa, o tecido morto; em sequência, foram separadamente fragmentadas com auxílio de tesoura de poda, trituradas em liquidificador e em seguida, novamente trituradas em moinho industrial; o material seco foi armazenado em frasco de vidro, vedado, rotulado e guardado em geladeira até a preparação dos extratos.

Os extratos brutos, aquoso e etanólico, parte interna e externa da casca,

foram obtidos via turbolise, obedecendo à proporção de duas partes de material vegetal para dez partes do solvente (40 g de pó para 200 mL de água destilada ou álcool), para ambas as partes, tendo assim a concentração de 20% do extrato, que permaneceu em repouso por 24 horas na geladeira, sem presença de luz.

Após este período, os extratos foram submetidos a banho de ultra-som (UNIDQUE®, 1450) por duas horas e mantidos novamente em repouso sem a presença de luz por mais 48 horas em geladeira (adaptado de Oliveira *et al.*, 2011). Os extratos foram filtrados (funil de vidro e algodão) em balão volumétrico de 200 mL e submetidos à análise de pH, com o auxílio de um pHmetro de bancada (Quimis®, modelo Q400 AS).

A análise fitoquímica, foi realizada com base em Matos (1998) e Wagner & Bladt (2009), onde os extratos, aquoso e etanólico a 20%, foram submetidos à prospecção fitoquímica via úmida e seca, por meio de ensaios colorimétricos e/ou precipitação, as quais tiveram caráter qualitativo. Na ausência de flavonóides nos ensaios fitoquímicos clássicos, optou-se em realizar a extração e determinação dos flavonóides empregando a metodologia descrita em Chabariberi *et al.* (2008).

Os resultados foram comparados com o grupo controle (em branco) e também entre si para visualizar alteração de cor ou precipitação. A presença da classe de metabólito secundário foi registrada como positivo (+) e a ausência de cor e precipitação como negativo (-). A intensidade da cor e/ou precipitação é um indicativo da elevada concentração de uma das classes de metabólitos secundários presentes em espécies botânicas. Para amostras com intensa cor e/ou precipitação foram utilizadas as seguintes nomenclaturas: fortemente positivo (+++), seguido de moderadamente positivo (++) e fracamente positivo (+) (Costa, 2002; Rodrigues *et al.*, 2009).

Os extratos brutos foram, em sequência, utilizados para preparar as concentrações diluídas de 2,5, 5, 10 e 15%, utilizadas para os testes de germinação e crescimento.

Para o bioensaio de germinação de sementes de alface, cv. Maravilha Quatro Estações, foram utilizados 5 mL de

ambos os extratos (aquoso e etanólico) nas diferentes concentrações, além dos tratamentos controle em que utilizou-se água destilada e álcool (controle álcool: 5 mL de álcool na placa, deixada na bancada para evaporação do álcool e posteriormente, adicionados 5 mL de água destilada), sobre duas folhas de papel Germitest® tipo CEL-065 cortadas em discos e depositadas em placas de Petri de 7 cm de diâmetro, não sendo umedecidas novamente durante o período de sete dias.

Para a análise dos resultados, foram calculados a percentagem de germinação (G), o tempo médio de germinação em dias (TMG) (Ferreira & Borghetti, 2004) e o índice de velocidade de germinação (IVG) (Maguire, 1962), através de contagens diárias de sementes germinadas, feitas a cada 12 horas por sete dias, onde foram consideradas germinadas apenas as sementes que apresentassem ± 3 mm de protrusão de raiz primária, ou seja, considerando-se o critério fisiológico de germinação (emergência da raiz primária) (Labouriau, 1983).

Para os bioensaios de crescimento, foram utilizados quatro repetições de 10 sementes pré-germinadas (obtidas através da germinação de 900 g de sementes em placas de Petri forradas com papel Gemitest®, umedecidos com água destilada e colocadas em germinador a 20°C), com ± 3 mm de comprimento de raiz primária, distribuídas sobre duas folhas de papel Germitest® em caixas de plástico transparente (11x11x3,5 cm), lacradas com filme plástico.

O papel Germitest® era umedecido com 10 mL dos extratos nas mesmas concentrações do teste de germinação, além do controle água destilada e com álcool (controle álcool: 10 mL de álcool na placa, deixada na bancada para evaporação do álcool e posteriormente acrescentados 10 mL de água destilada), não ocorrendo novo umedecimento do papel após a semeadura, sendo avaliados aos 10 dias (período estipulado previamente) o comprimento da raiz primária [do colo da plântula até o ápice meristemático do sistema radicular (mm)] e a parte aérea [do colo da plântula até o ápice (mm)], ambos com auxílio de paquímetro digital.

O delineamento experimental foi

inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento, além do controle, em esquema fatorial 1x2x5 (espécie x partes da planta x concentrações), sendo as concentrações dos extratos (variáveis independentes) e comprimento da raiz e da parte aérea (variáveis dependentes), com bioensaios mantidos em germinador por 10 dias na temperatura constante de 20°C com fotoperíodo de 12 horas de luz branca (quatro lâmpadas fluorescentes de 20 W \pm 660 lux).

A análise estatística foi feita através do programa estatístico Bioestat 5.0 em nível de 5% de probabilidade e quando houve significância, foi feita a comparação das médias pela ANOVA e teste de Tukey em nível de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH dos extratos da parte interna da casca foi de 6,6 para o etanólico e 5,5 para o aquoso e para os extratos da parte externa, 5,5 para o etanólico e 4,8 para o aquoso. De acordo com Ferreira & Borghetti (2004), estes valores não interferem no processo de germinação e crescimento das plântulas de alface, que

possuem germinação e crescimento em ampla faixa de pH.

As análises químicas dos extratos aquosos e etanólicos, parte interna e externa da casca do caule, mostraram a presença de compostos fenólicos e taninos nos quatro extratos (Tabela 1). Os esteróides, triterpenos e antraquinonas foram detectados apenas nos extratos etanólicos, casca interna e externa.

No extrato aquoso, parte interna e externa da casca, foram encontrados saponinas, glicosídeos cardiotônicos e alcalóides. As cumarinas foram detectadas em todos os extratos, exceto no extrato etanólico da casca interna.

As maiores concentrações encontradas foram de compostos fenólicos e taninos, extrato etanólico, parte interna e externa da casca (Tabela 1), indicando ser este solvente o mais eficaz para a liberação destes compostos.

Estudos fitoquímicos realizados com espécies da família Sapotaceae têm revelado a ocorrência de flavonóides, terpenóides, compostos fenólicos e alcalóides (Montenegro *et al.*, 2006). Os flavonóides não detectados neste trabalho, nas partes analisadas, são apontados como os principais constituintes

Tabela 1. Análise química da casca (interna e externa) do caule de *Pouteria ramiflora*, extrato aquoso e etanólico [chemical analysis of *Pouteria ramiflora* bark (internal and external), aqueous and ethanol-based solution]. Campo Grande-MS, Universidade Anhanguera-Uniderp, 2011.

Classe de composto	Casca interna		Casca externa	
	Extrato aquoso	Extrato etanólico	Extrato aquoso	Extrato etanólico
Compostos fenólicos	+	+++	+	++
Flavonóides	-	-	-	-
Taninos	+	+++	+	+++
Antraquinonas livres	-	+	-	+
Cumarinas	+	-	+	+
Esteróides	-	+	-	+
Triterpenos	-	+	-	+
Saponinas	+	-	+	-
Glicosídeos cianogênicos	-	-	-	-
Glicosídeos cardiotônicos	+	-	+	-
Alcalóides	+	-	+	-
Açúcares redutores	-	-	-	-

Presença (+) ou ausência (-); fortemente positivo (+++); moderadamente positivo (++); fracamente positivo (+); negativo (-). [presence (+) or absence (-); strongly positive (+++); moderately positive (++); weakly positive (+); negative (-)].

Tabela 2. Valores médios do comprimento (mm) da raiz primária de plântulas de alface provenientes de sementes pré-germinadas, tratadas com extratos aquoso e etanólico, parte interna e externa, casca do caule de *Pouteria ramiflora*, em diferentes concentrações [0% (controle), 2,5, 5, 10 e 15%] {mean values of length (mm) of primary roots of lettuce seedlings treated with aqueous and ethanolic extracts of *Pouteria ramiflora* bark (internal and external), [0% (control), 2.5, 5, 10 and 15%]}. Campo Grande-MS, Universidade Anhanguera-Uniderp, 2011.

Estratos (%)	Etanólico		Aquoso		CV (%)
	Externa	Interna	Externa	Interna	
0	23,0 aA	23,0 aA	23 bA	23,0 aA	17,3
2,5	13,0 bB	6,0 bC	20 cA	16,0 bB	41,7
5	11,0 bcB	4,5 bC	23 bA	9,4 cB	64,6
10	8,4 cdB	6,0 bB	31 aA	8,8 cdB	81,3
15	7,4 dB	4,3 bB	22 bcA	7,8 dB	72,3
CV (%)	55,7	40,2	87,4	58,6	

*Média seguidas de mesma letra não se diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Letras minúsculas para colunas, letras maiúsculas para linhas, dentro de cada parâmetro [means followed by same letters do not differ statistically among themselves by Tukey test ($p>0.05$). *Lowercase letters for columns, capital letters for lines within each parameter].

Tabela 3. Valores médios do comprimento (mm) da parte aérea de plântulas de alface provenientes de sementes pré-germinadas, tratadas com extratos aquoso e etanólico, parte interna e externa, casca do caule de *Pouteria ramiflora*, em diferentes concentrações [0% (controle), 2,5, 5, 10 e 15%] {mean values of length (mm) of aboveground part of lettuce seedlings treated with aqueous and ethanolic extracts of *Pouteria ramiflora* bark (internal and external), [0% (control), 2.5, 5, 10 and 15%]}. Campo Grande-MS, Universidade Anhanguera-Uniderp, 2011.

Estratos (%)	Etanólico		Aquoso		CV (%)
	Externa	Interna	Externa	Interna	
0	12,0 aA	12,0 aA	12,0 aA	12,0 aA	1,7
2,5	8,0 bA	4,7 bcC	6,6 bAB	6,0 bB	28,6
5	8,1 bA	4,3 cC	5,9 bcB	4,0 cC	33,7
10	8,4 bA	4,8 bcC	6,6 bB	6,4 bB	25,5
15	6,6 cA	6,2 bB	4,6 cC	7,2 bA	23,2
CV (%)	33,1	39,6	43,8	43,6	

*Média seguidas de mesma letra não se diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Letras minúsculas para colunas, letras maiúsculas para linhas, dentro de cada parâmetro [means followed by same letters do not differ statistically among themselves by Tukey test ($p>0.05$). *Lowercase letters for columns, capital letters for lines within each parameter].

químicos do gênero, em conjunto com os terpenóides, principalmente para as folhas (Silva *et al.*, 2006). A ausência de flavonóides nos extratos aquosos e etanólicos, na casca interna e externa, demonstram que a região e época de coleta podem interferir na constituição química de espécies deste gênero quando comparada com coletas realizadas em outras regiões de Cerrado. Silva (2007), além de isolar triterpenos pentacíclicos das folhas de *P. ramiflora*, coletadas em Brasília, atribuiu à atividade antio-

xidante do extrato etanólico a presença de flavonóides.

Os compostos fenólicos correspondem à classe de metabólitos secundários na qual se encontra a maior parte dos compostos apontados como tendo atividade alelopática (Rice, 1984), afetando a elasticidade da parede celular, além de bloquear a respiração mitocondrial, por exemplo (Weir *et al.*, 2004); a espécie estudada, *P. ramiflora*, apresenta forte presença destes compostos na casca (Tabela 1).

Os efeitos alelopáticos também podem ser mediados pela presença das cumarinas (Baratto *et al.*, 2008), apontadas como inibidoras potentes tanto do crescimento de plantas como da germinação de sementes (Rice, 1984; Willis, 2010); segundo Abenavoli *et al.* (2006), possuem capacidade, por exemplo, de bloquear a mitose e diminuir a entrada de água na célula, embora seu efeito na germinação não tenha sido claramente observado, talvez pela sua presença fracamente positiva. As saponinas, por sua vez, podem interagir com as membranas celulares e afetar o processo fotossintético, entre outros efeitos negativos (Weir *et al.*, 2004).

Dentre os parâmetros analisados, não foi observada alteração na porcentagem de germinação em nenhuma das concentrações (2,5, 5, 10 e 15%) dos quatro extratos analisados (etanólico e aquoso, parte externa e interna) das cascas de *P. ramiflora*, com médias entre 97 e 100% de germinação, estatisticamente iguais ao grupo controle (100% de germinação), indicando que, apesar das diferenças de concentração, não existiram diferenças significativas no potencial hídrico que interferissem na germinação, através do processo de absorção de água.

Embora ocorra a presença de compostos secundários potencialmente danosos ao processo de germinação, suas concentrações e proporções provavelmente não foram significativas para levar a um efeito negativo no processo germinativo, considerando-se a emissão da raiz primária. Segundo Ferreira & Borguetti (2004), a germinação normalmente é o processo menos afetado pelos aleloquímicos, embora autores como Silva *et al.* (2006), trabalhando com a mesma espécie (*Pouteria ramiflora*), verificaram que houve interferência na germinação de sementes de alface.

Os diferentes resultados obtidos podem estar ligados à origem das plantas, época de coleta das folhas ou do órgão vegetal, pois a presença e concentração dos aleloquímicos são afetadas por estes fatores.

Observações efetuadas por outros pesquisadores indicam que não existe um padrão de germinação e, uma maior ou menor concentração dos extratos

muitas vezes afeta este parâmetro de maneira diferente, na dependência da espécie testada. Por exemplo, em testes com *Casearia sylvestris*, o teste de germinação só foi influenciado negativamente nas maiores concentrações, 90 e 100%, enquanto que para *Joannesia princeps*, a inibição na germinação de alface ocorreu a partir da concentração de 30% (Capobiango *et al.*, 2009). Já Oliveira *et al.* (2011), trabalhando com folhas frescas de *Rheedia brasiliensis* na germinação de sementes de alface, verificaram que, a partir de extratos a 20%, ocorria efeito negativo na germinação. Outros autores (Silva *et al.*, 2010b) indicaram que os extratos etanólicos de *Anadenanthera macrocarpa* e *Astronium graveolens* influenciaram negativamente a germinação de *Brassica chinensis* (couve) e *L. sativa*, independente da concentração utilizada.

Quanto ao vigor das sementes, medido indiretamente pelo IVG e TMG, também não foi observada nenhuma interferência dos extratos nas várias concentrações, mantendo as médias dos índices entre 23 e 24,8 (IVG), estatisticamente iguais ao grupo controle (24,3). O mesmo ocorreu com o TMG, com médias entre 1,0 e 1,3, estatisticamente iguais ao grupo controle (1,0) pois, como foi destacado anteriormente, a percentagem final de sementes germinadas, a quantidade de sementes germinadas diariamente e o tempo necessário para a germinação (vigor) normalmente são menos afetados.

Por outro lado, trabalho de Dorneles & Pastorini (2008) com extratos de folhas e raízes de *Raphanus raphanistrum* indicaram que, nas concentrações 5 e 10%, os extratos influenciaram na porcentagem de germinação e no IVG de sementes de alface. Também dados de Capobiango *et al.* (2009) demonstraram que diferentes concentrações de extratos de *C. sylvestris* e *J. princeps* levaram à redução no IVG em sementes de *Brassica oleracea* (repolho), alface e tomate, enquanto Magiero *et al.* (2009), estudando o efeito alelopático de *Artemisia annua* sobre sementes de alface, constataram que na concentração de 25% a germinação ocorreu em um período maior que o controle. Silva *et al.* (2010b), trabalhando com extrato

etanólico de *A. macrocarpa* a 17,9% e *A. graveolens* a 9,54%, observaram aumento do tempo de germinação das sementes de alface, demonstrando diferentes padrões de ação dos aleloquímicos.

Avaliando-se o crescimento das plântulas, verificou-se que os quatro extratos provocaram redução do comprimento, tanto da raiz primária quanto da parte aérea, quando comparados com as plântulas controle.

Embora os compostos secundários presentes não tenham afetado negativamente a percentagem e velocidade de germinação, a presença de compostos fenólicos, cumarinas e saponinas interferiram no processo de divisão celular, síntese orgânica e no metabolismo respiratório (Goldfarb, 2009) e levaram a um menor desenvolvimento das plântulas, indicando que o crescimento foi mais sensível à presença destes compostos e suas concentrações e proporções, significativas para levar a um efeito negativo tanto na raiz como na parte aérea (com exceção do extrato aquoso da casca externa, raiz primária).

Os extratos etanólicos de ambas as partes da casca contribuíram para a redução do comprimento da raiz, mais intensa à medida que a concentração aumentava, apresentando maior eficiência nas maiores concentrações (10 e 15%); todavia, com o extrato da casca interna, essa ação foi mais intensa, mas as médias não variaram com o aumento da concentração, mantendo-se estatisticamente iguais (Tabela 2).

No crescimento das plântulas em extrato aquoso, parte externa da casca, também pôde ser observada a diminuição do comprimento das raízes primárias sob influência da concentração de 2,5%, sendo a que apresentou o menor comprimento; na concentração de 10% ocorreu estímulo ao crescimento da raiz primária, comparado com o grupo controle (Tabela 2). Embora os extratos aquosos, casca interna e externa, tenham a mesma composição química e proporção, não ocorreu efeito negativo no crescimento da raiz primária quando a plântula se desenvolveu no extrato aquoso da casca externa. Este fato pode estar ligado à presença de algum dos metabolitos secundários que

possam estar atuando como hormônio de crescimento, o que levou a um aumento no comprimento da raiz, em vez de causar a inibição, mesmo que a parte aérea tenha sido afetada negativamente. De acordo com Goldfarb *et al.* (2009), isso pode estar relacionado ao fato que um dado composto químico tem efeito inibitório ou estimulante, dependendo da concentração do mesmo no ambiente.

O aumento na concentração do extrato aquoso da parte interna da casca levou a uma diminuição do crescimento das raízes primárias, enquanto a parte aérea foi afetada negativamente de maneira similar em todas as concentrações (Tabelas 2 e 3). Resultado similar foi relatado por Capobiango *et al.* (2009), que demonstraram que na concentração de 10% do extrato aquoso de folhas de *J. princeps*, o comprimento das raízes de alface e repolho diminuiu e, a partir da concentração de 50%, não houve crescimento. Os mesmos autores, trabalhando com extrato aquoso das folhas de *C. sylvestris*, observaram que a partir de 10 ou 30% de concentração dos extratos, ocorreu uma diminuição no comprimento da raiz primária de plântulas de alface, repolho e tomate.

O extrato etanólico promoveu uma diminuição do crescimento da parte aérea, tanto com o extrato da casca externa quanto da interna, a partir da menor concentração (2,5%) (Tabela 3). Coelho *et al.* (2011), estudando a interferência alelopática de *Ziziphus joazeiro*, também observaram alteração no crescimento das plântulas com concentração a partir de 25%. Com o extrato da parte interna, todas as concentrações causaram diminuição do comprimento das raízes, com valores estatisticamente iguais; porém, o menor comprimento, foi encontrado na concentração de 5%.

No extrato aquoso da casca externa, os valores encontrados para o comprimento da parte aérea foram menores que o do grupo controle, com seu maior efeito observado na maior concentração (15%). Com o extrato da parte interna, todas as concentrações ocasionaram redução no comprimento das raízes primárias; todavia, a concentração de 5% apresentou o maior efeito alelopático (Tabela 2 e 3). Borella *et al.* (2009) verificaram que o extrato aquoso de

folhas frescas de *Persea americana* não interferiu no crescimento de plântulas de alface, mas empregando folhas secas na concentração de 8%, o comprimento da parte aérea apresentou declínio significativo.

Comparando o efeito de cada concentração dos extratos, casca externa e interna, etanólico e aquoso, entre si, constatou-se que as concentrações que mais afetaram, tanto o desenvolvimento da raiz quanto da parte aérea, foram as concentrações de 2,5 e 5% do extrato etanólico da parte interna da casca.

Estes resultados estão relacionados à presença dos compostos químicos citados (Tabela 1), pois todos os metabólitos encontrados nas análises químicas já foram listados como potenciais aleloquímicos (Rice, 1984; Willis, 2010).

Com base nos dados das análises fitoquímicas, pode-se dizer que provavelmente o maior efeito alelopático do extrato etanólico da parte interna da casca pode estar ligado à presença de esteróides e triterpenos que, de acordo com Ferreira & Borghetti (2004) e Willis (2010), são compostos com potencial aleloquímico, sendo alguns terpenóides, por exemplo, capazes de lesionar tecidos de plantas. Porém os efeitos alelopáticos, muitas vezes, não são resultado da presença de produtos isolados, mas da atividade conjunta de vários aleloquímicos (Rice, 1984; Fujii & Hiradate, 2007).

Baseado nos dados obtidos, os extratos, etanólico e aquoso, parte interna e externa da casca de *P. ramiflora*, apesar de não terem afetado a taxa de germinação das sementes de alface, possuem a presença de aleloquímicos que interferiram negativamente no crescimento das plântulas de alface, indicando seu efeito alelopático e potencial de utilização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Anhanguera-Uniderp pelo financiamento do projeto GIP (Grupo Interdisciplinar de Pesquisa) e pela bolsa de iniciação científica concedida (PIC) e também ao CNPq e CAPES, pela bolsa de produtividade em pesquisa e bolsa de mestrado concedidas e, aos consultores,

pelos correções sugeridas; pelo apoio Financeiro do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), Centro de Pesquisa do Pantanal (CPP), Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) e Instituto Nacional de Áreas Úmidas (INAU).

REFERÊNCIAS

- ABENAVOLI M; CACCO G; SORGONÁ A; MARABOTTINI R; PAOLACCIA; CIAFFI M; BADIAMI M. 2006. The inhibitory effects of coumarin on the germination of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum, cv. Simeto) seeds. *Journal of Chemical Ecology* 32: 489-506.
- BARATTO L; LANG KL; VANZ DC; REGINATTO FH; OLIVEIRA JB; FALKENBERG M. 2008. Investigação das atividades alelopática e antimicrobiana de *Mikania laevigata* (Asteraceae) obtida de cultivos hidropônico e tradicional. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 18: 577-582.
- BORELLA J; WANDSCHEER ACD; BONATTI LC; PASTORINI LH. 2009. Efeito alelopático de extrato aquoso de *Persea americana* Mill. sobre *Lactuca sativa* L. *Revista Brasileira de Biociências* 7: 260-265.
- CAPOBIANGO RA; VESTENA S; BITTENCOURT HC. 2009. Alelopatia de *Joannesia princeps* Vell. e *Casearia sylvestris* Sw. sobre espécies cultivadas. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 19: 924-930.
- CHABARIBERI RAO; POZZI ACS; ZERAIK ML; YARIWAKE JH. 2008. Spectrometric determination of flavonoids from *Maytenus* (Celastraceae) and *Passiflora* (Passifloraceae) leaves and comparison with an HPLC-UV method. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 19: 860-864.
- COELHO AAM; PAULA JE; ESPÍNDOLA LS. 2009. Efeito de extratos de plantas do Cerrado em *Dipetalogaster máxima* (Uhler) (Hemiptera, Reduviidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 53: 444-451.
- COELHO MFB; MAIA SSS; OLIVEIRA AK; DIÓGENES FEP. 2011. Atividade alelopática de extrato de sementes de juazeiro. *Horticultura Brasileira* 29: 108-111.
- CONDESSA MB. 2011. *Avaliação da atividade antioxidante e alelopática de plantas medicinais*. Brasília: UnB. 120p. (Dissertação mestrado).
- COSTA AF. 2002. *Farmacognosia*. 5 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. v.2
- COSTA AF; SILVA GF; ESCUDERO MC. 2003. Estudo comparativo entre produtos químicos preservantes e licores pirolenhosos na inibição de fungos emboloradores. *Brasil Florestal* 21: 24-30.
- DORNELES ACW; PASTORINI LH. 2008. Interferência alelopática de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicon* L. *Ciência Rural* 38: 949-953.
- FERREIRA AG; BORGHETTI F. 2004. *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 323p.
- FONTES JUNIOR EA; SOUZA PJC; NASCIMENTO JLM; SANTOS SN; ESPÍNDOLA LS; FERREIRA VMM. 2009. Antinociceptive and antiinflammatory properties of the ethanolic extract of *Pouteria ramiflora* roots. *Latin American Journal of Pharmacy* 28: 812-818.
- FUJII Y; HIRADATE S. 2007. *Allelopathy: new concepts & methodology*. Enfield: Science Publishers, 382p.
- GOLDFARB M; PIMENTEL LW; PIMENTEL NW. 2009. Alelopatia: relações nos agroecossistemas. *Tecnologia & Ciência Agropecuária* 3: 23-28.
- LABOURIAU LG. 1983. *A germinação das sementes*. Washington: OEA. 174p.
- LORENZI H. 2008. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1. 384p.
- MACIAS FA; GALINDO JCG; MOLINILLO JMG; CUTLER HG. 2003. *Allelopathy: chemistry and mode of action of allelochemicals*. Boca Raton: CRC Press, 392p.
- MAGIERO EC; ASSMANN JM; MARCHESE JA; CAPELIN D; PALADINI MV; TREZZI MM. 2009. Efeito alelopático de *Artemisia annua* L. na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 11: 317-324.
- MAGUIRE JD. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- MATOS JFA. 1998. *Introdução a fitoquímica experimental*. Fortaleza: UFC, 141p.
- MONTENEGRO LHM; OLIVEIRA PES; CONSERVALM; ROCHAEMM; BRITOAC; ARAÚJO RM; TREVISAN MTS; LEMOS RPL. 2006. Triterpenóides e avaliação do potencial antimalárico, larvicida, anti-radicalar e anticolinesterásico de *Pouteria venonosa* (Sapotaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia* 16(Supl.): 611-617.
- OLIVEIRA AKM; RIBEIRO JWF; MATIAS R; GUSMÃO DH; PEREIRA KCL. 2011. Potencial alelopático de folhas frescas de bacupari (*Rheedia brasiliensis* (Mart.) Planch. & Triana) na germinação de alface. *Revista Brasileira de Biociências* 9: 550-553.
- RICE EL. 1984. *Allelopathy*. 2. ed. New York: Academic Press. 422p.
- RODRIGUES IMC; SOUZA FILHO APS; FERREIRA FA. 2009. Estudo fitoquímico de *Senna alata* por duas metodologias. *Planta Daninha* 27: 507-513.
- SILVA CAM. 2007. *Contribuição ao estudo químico e biológico de Pouteria gardnerii (Mart. & Miq.)*. Brasília: UnB. 150p. (Dissertação mestrado).
- SILVA CAM; SIMEONI LA; SILVEIRAD. 2009. Genus *Pouteria*: chemistry and biological activity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*

- 19: 501-509.
- SILVA GB; MARTIM L; SILVA CL; YOUNG MCM; LADEIRA AM. 2006. Potencial alelopático de espécies arbóreas nativas do Cerrado. *Hoehnea* 33: 331-338.
- SILVA MALB; MELO LVL; RIBEIRO RV; SOUZA JPM; LIMA JCS; MARTINS DTO; SILVA RM. 2010a. Levantamento etnobotânico de plantas utilizadas como anti-hiperlipidêmicas e anorexígenas pela população de Nova Xavantina-MT, Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 20: 549-562.
- SILVA RMG; SARAIVA TS; SILVA RB; GONÇALVES LA; SILVA LP. 2010b. Potencial alelopático de extrato etanólico de *Anadenanthera macrocarpa* e *Astronium graveolens*. *Biosciences Journal* 26: 623-637.
- WAGNER H; BLADT S. 2009. *Plant drug analysis - A thin layer chromatography atlas*. Berlin: Springer Verlag, 312p.
- WEIR TL; PARK SW; VIVANCO JM. 2004. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. *Current Opinion in Plant Biology* 7: 472-479.
- WILLIS RJ. 2010. *The history of allelopathy*. New York: Springer Verlag, 330p.
- ZENG RS; MALLIK AU; LUO S. 2010. *Allelopathy in sustainable agriculture and forestry*. New York: Springer Verlag, 426p.
-