

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DO EXTRATO ETANÓLICO DE *ANACARDIUM HUMILE* A.St.-Hil. (CAJUZINHO-DO-CERRADO) NA GERMINAÇÃO E FORMAÇÃO DE PLÂNTULAS DE *LACTUCA SATIVA* L. (ALFACE), *LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL. (TOMATE) E *SENNA OBTUSIFOLIA* (L.) IRWIN & BARNEBY (FEDEGOSO)**

**KELLY CRISTINA LACERDA PEREIRA<sup>1</sup>, ADEMIR KLEBER MORBECK DE OLIVEIRA<sup>2\*</sup>, ROSEMARY MATIAS<sup>2</sup>, ELVIA SILVIA RIZZI<sup>1</sup>, ANA CAROLINA ROSA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Discente, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade Anhanguera-Uniderp, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

<sup>2</sup>Docente, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade Anhanguera-Uniderp, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

\*Autor para correspondência: akmorbeckoliveira@gmail.com

**Recebido em 24 de maio de 2017. Aceito em 19 de maio de 2018. Publicado em 24 de julho de 2018.**

**RESUMO** - A espécie *Anacardium humile* A.St.-Hil. (Anacardiaceae) apresenta diferentes usos e potencialidades, fato derivado da presença de vários metabolitos secundários em sua composição, destacando-se os compostos fenólicos. Porém pouco se sabe sobre sua ação alelopática. Desta maneira, o presente trabalho teve por objetivo realizar a análise fitoquímica das folhas de *Anacardium humile* e avaliar os possíveis efeitos alelopáticos do extrato etanólico, na germinação de sementes e formação de plântulas de espécies-alvo. Extratos das folhas foram preparados nas concentrações de 0, 25, 50, 100, 150 e 200 mg mL<sup>-1</sup>, usados na avaliação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) e, concentrações de 100 e 200 mg mL<sup>-1</sup>, sementes de fedegoso (*Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby), em câmara de germinação. A avaliação em casa de vegetação utilizou bandejas de isopor com substratos nas proporções de 0, 5, 10 e 20%. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado para ambos os experimentos. A análise fitoquímica do extrato indicou a presença de oito classes de metabolitos, com compostos fenólicos e derivados em maior intensidade. Os resultados demonstraram efeito alelopático na germinação e crescimento das espécies testadas, demonstrando o potencial de uso de *Anacardium humile*.

**PALAVRAS-CHAVE:** ALELOPATIA; ANACARDIACEAE; COMPOSTOS FENÓLICOS; HERBICIDAS NATURAIS; SUBSTÂNCIAS FITOTÓXICAS.

**ALLELOPATHIC POTENTIAL OF ETHANOLIC EXTRACTS OF *ANACARDIUM HUMILE* A.St.-Hil. (CAJUZINHO-DO-CERRADO) TO THE GERMINATION AND SEEDLINGS FORMATION OF *LACTUCA SATIVA* L. (LETTUCE), *LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL. (TOMATO) AND *SENNA OBTUSIFOLIA* (L.) IRWIN & BARNEBY (COFFEE SENNA).**

**ABSTRACT** - The *Anacardium humile* A.St.-Hil (Anacardiaceae) species presents different uses and potentialities, a fact derived from the presence of several secondary metabolites in its composition, highlighting the phenolic compounds. However, little is known about its allelopathic action. Therefore, the objective of this work was to carry out the phytochemical analysis of the leaves of *Anacardium humile* and to evaluate the possible allelopathic effects of the ethanolic extract on seed germination and seedling formation of target species. Leaf extracts were prepared in germination chamber at the concentrations of 0, 25, 50, 100, 150 and 200 mg mL<sup>-1</sup> used in the evaluation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds, as well as concentrations of 100 and 200 mg mL<sup>-1</sup> of coffee senna (*Senna obtusifolia* (L.)

Irwin & Barneby) seeds. The greenhouse evaluation used polystyrene tray with substrates in the proportions of 0, 5, 10 and 20%. The statistical design was completely randomized for both experiments. The phytochemical analysis of the extract indicated the presence of eight classes of metabolites, with phenolic compounds and derivatives with greater intensity. The results demonstrated an allelopathic effect on the germination and growth of the tested species, demonstrating the potential use of *Anacardium humille*.

**KEYWORDS:** ALLELOPATHY; ANACARDIACEAE; PHENOLIC COMPOUNDS; NATURAL HERBICIDES; PHYTOTOXIC SUBSTANCES.

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE *ANACARDIUM HUMILE* A.St.-Hil. (CAJUZINHO-DO-CERRADO) EN LA GERMINACIÓN Y FORMACIÓN DE PLÁNTULAS DE *LACTUCA SATIVA* L. (LECHUGA), *LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL. (TOMATE) Y *SENNA OBTUSIFOLIA* (L.) IRWIN & BARNEBY (CAFÉ BRAVO).**

**RESUMEN** - La especie *Anacardium humille* A.St.-Hil. (Anacardiaceae) presenta diferentes usos y potencialidades, hecho relacionado con la presencia de varios metabolitos secundarios en su composición, destacando compuestos fenólicos. Pero poco se sabe sobre su acción alelopática. De esta manera el estudio evaluó la composición química de las hojas y los posibles efectos alelopáticos del extracto en la germinación de semillas y formación de plántulas de especies objetivo. Los extractos de las hojas fueron preparados en las concentraciones de 0, 25, 50, 100, 150 y 200 mg mL<sup>-1</sup>, usados en la evaluación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y, concentraciones de 100 y 200 mg mL<sup>-1</sup>, fedegoso (*Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby), en cámara de germinación. La evaluación en casa de vegetación utilizó bandejas de isopor con sustratos en las proporciones de 0, 5, 10 y 20%. El delineamiento estadístico utilizado fue completamente casualizado para ambos experimentos. El análisis fitoquímico del extracto indicó la presencia de ocho clases de metabolitos, con compuestos fenólicos y derivados en mayor intensidad. Los resultados demostraron efecto alelopático en la germinación y el crecimiento de las especies probadas, demostrando el potencial de uso de *Anacardium humille*.

**PALABRAS CLAVE:** ALELOPATÍA; ANACARDIACEAE; HERBICIDAS NATURALES; COMPUESTOS FENÓLICOS; SUSTANCIAS FITOTOXICAS.

## INTRODUÇÃO

A alelopátia é uma forma de interferência química entre plantas, mediada por metabólitos secundários, moléculas bioquimicamente diversificadas capazes de atuar em muitos processos fisiológicos. Apesar do primeiro relato sobre a interação, em 300 A.C., ter abordado a perda de produtividade agrícola (Chou 2006), no Brasil, apenas recentemente começou-se a estudar a aplicabilidade desses compostos na dinâmica dos agroecossistemas (Reigosa et al. 2013).

De acordo com Chou (2006), os compostos alelopáticos podem ser associados aos herbicidas sintéticos no controle de plantas indesejáveis, ou mesmo substituí-los com a vantagem de ser menos contaminante ao ambiente, por exemplo. As plantas indesejáveis são causadoras de prejuízos agrícolas, pois se instalam junto às culturas de interesse econômico e reduzem sua produtividade devido a competição direta por nutrientes, água, luz e outros fatores necessários ao crescimento vegetal.

Diversos métodos são empregados no controle destas espécies; porém alguns procedimentos podem se tornar muito onerosos para as lavouras comerciais. Desta maneira, o interesse por novas formas de controle vem crescendo de forma acentuada, com o intuito de aumentar as opções e reduzir o custo e a contaminação ambiental. Nesse contexto, a alelopátia ganha espaço nas pesquisas, como mais uma alternativa de controle (Chou 2006; Goldfarb et al. 2009). Desta maneira, uma vez determinada a atividade alelopática de uma determinada

espécie, através de testes de laboratório, os compostos pesquisados podem ser avaliados a campo e futuramente, servir como uma opção a mais a ser utilizada no controle biológico de espécies indesejáveis a agricultura (Silva et al. 2014).

Para avaliar o efeito dos compostos alelopáticos, o uso de sementes de espécies-alvo em bioensaios é necessário, necessitando a espécie ter germinação e crescimento rápido. Isto permite testar o potencial do extrato como agente químico e indicar a presença de novos grupamentos químicos, que poderiam ser manipulados pela indústria, de modo a produzir moléculas com efeito herbicida (Pires et al. 2001).

Levando-se em consideração a busca de novas espécies com potencial de estudo, a utilização de plantas nativas do bioma Cerrado é promissora. Neste grupo está Anacardiaceae, com destaque ao gênero *Anacardium* pelo número de investigações de seus fitoconstituintes, principalmente pela presença dos compostos fenólicos (Correia et al. 2006), que apresentam o maior número de substâncias com ação alelopática, com efeito sobre a germinação e morfologia das plantas (Ferreira e Áquila 2000; Chou 2006).

Entre as espécies deste gênero, *Anacardium humile* A.St.-Hil., conhecido como cajuzinho-do-cerrado ou cajuí, se destaca, devido ao uso na medicina popular. É nativa do Brasil e de ocorrência natural em campo sujo e cerrado *sensu stricto* (Carvalho et al. 2005). Estudos estão sendo realizados e nos últimos 30 anos, alguns destes trabalhos demonstraram que esta planta possui atividade antifúngica, anti-inflamatória e anticancerígena, entre outras (Luiz-Ferreira et al. 2008). Andrade Filho et al. (2010) e Matias et al. (2013), por exemplo, em estudos com a espécie, indicaram que o óleo e o extrato aquoso e clorofórmico das folhas apresentaram potencial inseticida, entre outras ações.

Porém pouco se sabe sobre os efeitos da ação dos aleloquímicos do cajuzinho-do-cerrado sobre espécies cultivadas ou nativas; com isso, o presente trabalho objetivou avaliar a ação de extratos das folhas na germinação e crescimento de plântulas de *Lactuca sativa* L. (alface), *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomate) e *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby (fedegoso).

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Coleta do material*

As folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. foram colhidas com auxílio de tesoura de poda, diretamente de 20 matrizes encontradas em fragmentos de Cerrado, localizados na região conhecida como Parque dos Poderes, latitude 20°26'21" e longitude 54°32'27", município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. As amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e transportadas para o Laboratório de Pesquisa em Sistemas Ambientais e Biodiversidade, Campus Agrárias, Universidade Anhanguera-Uniderp, com uma exsicata depositada no Herbário do Laboratório de Morfologia Vegetal, sob número 8448.

### *Secagem do material e trituração*

No laboratório as folhas foram secas sobre bancada forrada com papel kraf pardo, em temperatura ambiente ( $27 \pm 2$  °C), por 72 horas. Em sequência, fragmentadas com tesoura de poda e em seguida, trituradas em moinho industrial e o pó resultante, acondicionado em béquer lacrado com papel filme e mantido em

geladeira até a preparação dos extratos, com metodologia adaptada de Oliveira et al. (2014a).

#### *Preparação do extrato*

O extrato etanólico (ExtEtOH) foi preparado utilizando 200 g de pó para 1000 mL de etanol; submeteu-se a mistura a um banho de ultra-som (UNIDQUE®, USC-1450), durante 30 minutos, seguido de maceração estática e posterior repouso do extrato durante 24 h, em geladeira ( $16 \pm 1$  °C), na ausência de luz. Após este período, o material resultante foi filtrado (funil de vidro e algodão) em balão volumétrico e obtida a solução (200 mg mL<sup>-1</sup>). A metodologia empregada seguiu procedimento adaptado de Oliveira et al. (2014b).

#### *Análise fitoquímica*

O screening fitoquímico do extrato (200 mg mL<sup>-1</sup>) das folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. foi realizado de acordo com procedimentos descritos em Matos (2009) e Simões et al. (2017). As análises ocorreram por meio de ensaios colorimétricos e/ou precipitação e foram realizadas em triplicatas. Os resultados, comparados com o grupo controle (extrato etanólico) e também entre si, para visualizar alteração de cor ou precipitação, de acordo com metodologia utilizada por Costa (2002). As alterações na cor foram classificados como, parcial ( $\pm$ ), baixo (+), moderado (++) e, alta intensidade (+++) e, negativo (-) e os testes com formação de precipitado (compostos fenólicos e taninos), realizados em tubos graduados e considerados como, parcial (< 0,2 cm), baixa (0,2-0,5 cm), moderada (0,5-0,7 cm) e alta intensidade (0,7-1,0 cm), segundo Fontoura et al. (2015).

Para a confirmação dos grupos químicos e doseamento de compostos fenólicos e flavonoides, o solvente do extrato (200 mg mL<sup>-1</sup>) foi eliminado em rota evaporador (Tecnal, Modelo MA120). O extrato bruto (100,0 mg L<sup>-1</sup>) foi diluído em álcool metílico para HPLC (Merck®) e submetido a análise em espectrofotômetro (FEMTO, 800XI), tendo como branco o álcool metílico. As medidas das bandas de absorbância máxima (A<sub>max</sub>), foram realizadas em triplicatas, registradas e analisadas com base em Kumar (2006).

O teor de fenóis totais (FT) foi determinado pelo Método Folin-Ciocalteu's, com as absorbâncias medidas em espectrofotômetro na região de 750 nm, em cubetas de quartzo. A análise foi executada por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração ( $y = 0,1350x - 185,00$ ;  $R^2 = 0,99$ ), construída com padrões de ácido gálico (GAE 10 a 300 µg mL<sup>-1</sup>), e os resultados expressos em equivalentes de ácido gálico (mg/g). Para quantificação dos flavonoides, a quercetina (QE = 0,5 mg mL<sup>-1</sup>) foi o padrão para construir a curva de calibração nas concentrações de 0,04; 0,2; 0,4; 2; 4; 8; 12; 16; e, 20 µg mL<sup>-1</sup> ( $y = 0,06x + 678,9$   $R^2 = 0,90$ ), com análises realizadas por espectrofotometria no comprimento de onda de 420 nm, em cubetas de quartzo, com seu conteúdo expresso em equivalentes de quercetina (mg/g) (Do et al. 2014).

#### *Análise de pH, condutividade e sólidos solúveis*

O extrato também foi submetido à análise de pH (pH DM-20, Digimed), condutividade elétrica (CE DM3, Digimed) e concentração de sólidos solúveis, utilizando um refratômetro digital (45 RTD- refractometro), com os resultados expressos em graus Brix corrigido para 20 °C.

### *Bioensaios em câmara de germinação e casa de vegetação*

Os testes de germinação foram desenvolvidos em câmaras de germinação e utilizadas duas temperaturas, com as sementes de alface mantidas em 20 °C e tomate e fedegoso (quebra de dormência das sementes de fedegoso feita através de ácido sulfúrico), em 25 °C, com fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro. Em placas de Petri (7 cm de diâmetro) forradas com papel germitest foram vertidos 5 mL dos extratos nas concentrações de 25, 50, 100, 150 e 200 mg mL<sup>-1</sup>, para alface e tomate e, 100 e 200 mg mL<sup>-1</sup> para o fedegoso, além do controle (água destilada), com quatro repetições de 25 sementes de cada espécie, não sendo umedecidas novamente (as placas foram vedadas com papel filme). A contagem das sementes germinadas foi realizada a cada 24 h por 7 dias e avaliadas a percentagem de germinação e o vigor das sementes, medido indiretamente pelo tempo médio de germinação em dias (TMG) e pelo índice de velocidade de germinação (IVG). Não houve necessidade de transformações dos dados de germinação, IVG e TMG, de acordo com os testes de normalidade e homogeneidade de variâncias. Os procedimentos dos bioensaios seguiram o padrão adotado por Rizzi et al. (2016).

Em câmara de germinação também foi avaliada a formação e crescimento das plântulas, sendo utilizadas duas temperaturas, com as sementes de alface mantidas em 20 °C e tomate e fedegoso (dormência das sementes de fedegoso eliminada através de ácido sulfúrico), em 25 °C, com fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro. Em caixas plásticas transparentes (11 x 3,5 cm de altura) forradas com duas folhas de papel germitest foram vertidos 10 mL dos extratos nas concentrações de 25, 50, 100, 150 e 200 mg mL<sup>-1</sup>, para alface e tomate e, 100 e 200 mg mL<sup>-1</sup> para o fedegoso, além do controle (água destilada), com quatro repetições de 10 sementes pré-germinadas (2 mm de raiz primária) para cada espécie-alvo. Após a colocação dos extratos, as caixas foram vedadas com papel filme, não sendo umedecidas durante o período de 10 dias; após este período foi feita a avaliação das plântulas, seguindo padrão adotado por Rizzi et al. (2016).

Para o experimento em casa de vegetação, os substratos foram preparados utilizando-se o pó das folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. e substrato vermiculita, sendo (1) 950 g de substrato e 50 g de pó, chamado de tratamento 5%, (2) 900 g de substrato e 100 g de pó, tratamento 10%, 800 g de substrato e 200 g de pó, tratamento 20% e, controle, 100% vermiculita. Os substratos foram umedecidos com água destilada e no dia seguinte, distribuídos em bandejas de poliestireno expandido (isopor) com 128 células (40 cm<sup>3</sup> por célula). Foi feita então a semeadura, utilizando 100 sementes de cada espécie-alvo para cada tratamento. O processo de emergência foi acompanhado diariamente por 10 dias; após este período, as plântulas foram coletadas e medidas, com procedimentos baseados em Rizzi et al. (2016).

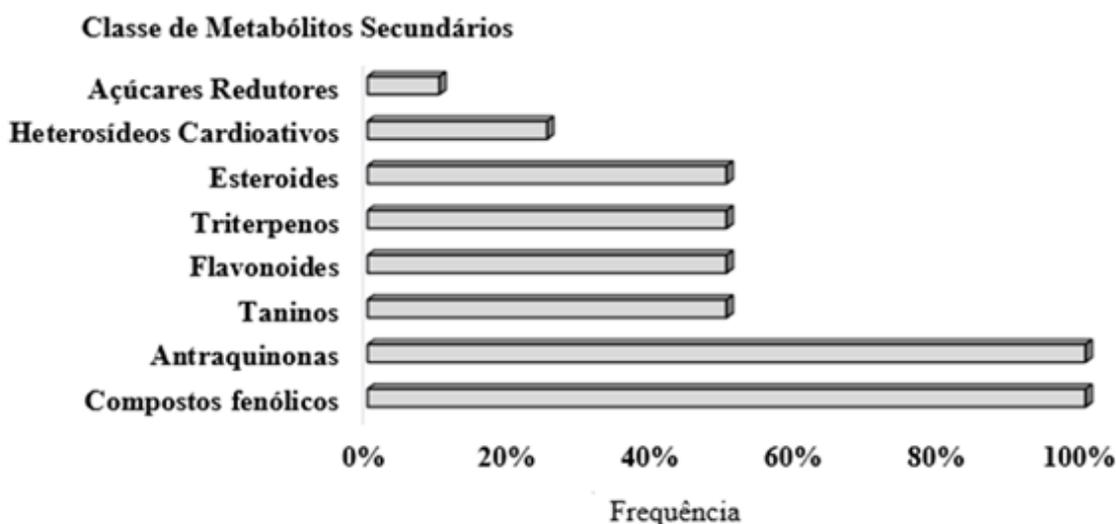
### *Delineamento experimental e análise estatística*

O delineamento experimental dos bioensaios de germinação e crescimento foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições por tratamento; a avaliação fitoquímica foi realizada com três repetições para cada concentração e o cálculo das médias, acompanhado do desvio padrão. Os dados das características avaliadas (germinação e crescimento) foram submetidos à análise de variância e, quando ocorreu significância, realizou-se a comparação das médias, utilizando-se o teste de Tukey, 5% de probabilidade, realizado com uso do programa estatístico Bioestat 5.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O perfil químico do extrato das folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. indicou a presença de oito classes de metabólitos secundários, com predominância dos compostos fenólicos e derivados (flavonoides, taninos e antraquinonas), com intensidade entre 50 e 100%, valor similar ao encontrado para esteróides e triterpenos. Com menor intensidade, açúcares redutores e heterosídeos cardioativos (Figura 1).

Figura 1 - Análise fitoquímica do extrato etanólico (200 mg mL<sup>-1</sup>) de folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. coletadas em Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

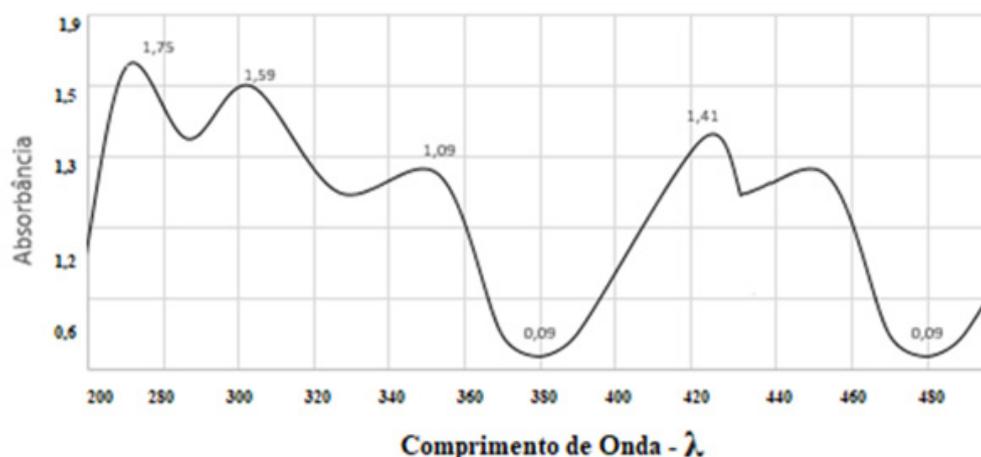


Os fitoconstituintes majoritários também foram observados nos espectros de UV-visível (Figura 2), com máximos de absorção entre 260 a 450 nm. As bandas de absorção entre 260 e 350 nm são indicativas de flavonoides, comuns a esta classe e com duas bandas máximas de absorção na luz ultravioleta, uma entre 240-285 nm, referente ao anel A, do sistema benzoíla, compostos aromáticos com substituição auxocrômica (280 nm) como o grupo hidroxila, e outra entre 300-400 nm, relativo ao anel B, do sistema cinamoíla (Zuanazzi e Montanha 2010). Para o cajuzindo, Luiz-Ferreira et al. (2010) isolaram e identificaram flavonoides e glicoflavonoides nas folhas da planta, corroborando com os resultados obtidos por esta pesquisa.

A banda de 300 nm em geral sugere a presença dos compostos fenólicos, como os ácidos fenólicos, comuns para a família Anacardiaceae (Correia et al. 2006). Segundo Robards e Antolovich (1997), os ácidos fenólicos absorvem na faixa de 270-330 nm, o que corrobora com os resultados encontrados por este trabalho (Figuras 1 e 2). Para as espécies do gênero *Anacardium*, a banda em questão pode estar relacionada aos ácidos anacárdicos, um lípido fenólico comum ao gênero (Matias et al. 2017).

Já as antraquinonas, detectadas no screening fitoquímico (Figura 1), foram confirmadas pela banda em 425-450 nm ( $\lambda_{\text{máx. MeOH}}$ ). Em geral, as antraquinonas, compostos aromáticos com alto grau de conjugação com o grupo carboxil e carboxílicos, possuem bandas entre 481 e 508 nm (Silverstein et al. 2014). As quinonas também foram relatadas por Godinho et al. (2015), para exemplares de *Anacardium humile* A.St.-Hil. coletados em Minas Gerais.

Figura 2 - Curva de absorção espectrofotométrica do extrato etanólico das folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. coletadas em Campo Grande, Mato Grosso do Sul.



No doseamento dos teores de fenóis totais, os valores foram de  $75,4 \pm 0,03$  mg g<sup>-1</sup> em ácido gálico. Segundo Weir et al. (2004) e Fujii e Hiradate (2007), nesta classe encontram-se a maior parte dos compostos com atividade alelopática, afetando a elasticidade da parede celular, além de bloquear a respiração mitocondrial, por exemplo. Entretanto, os valores são muito superiores aos citados por Broinizi et al. (2007), com subprodutos (bagaço e extrato bruto concentrado) do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.), entre 0,3 e 10,4 mg L<sup>-1</sup>, indicando o potencial de uso das folhas. Por outro lado, são inferiores aos encontrados por Luiz-Ferreira et al. (2010), que foi de  $122,09 \pm 1,07$  mg g<sup>-1</sup>. A diferença dos teores de compostos fenólicos está relacionada a diversos fatores, como por exemplo, a região de coleta, no Cerrado de Mato Grosso do Sul. Segundo Gobbo-Neto e Lopes (2007) são diversos os fatores que podem alterar a diversidade e quantidade de metabólitos secundários e dentre eles, a localização geográfica bem como a sazonalidade, o horário da colheita, a fase de desenvolvimento da planta, clima, composição do solo e/ou fatores antrópicos, dentre outros.

De acordo Taiz e Zeiger (2013), os fenóis vegetais constituem um grupo quimicamente heterogêneo, de estrutura variável e multifuncionais (cerca de dez mil compostos), destacando-se os flavonoides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos e ligninas. Dentre este grupo estão os flavonoides, com teores de  $51,6 \pm 0,12$  mg g<sup>-1</sup> em quercetina e mesmo perfil dos compostos fenólicos, envolvidos em processos alelopáticos, fato relatado por Santos et al. (2011), indicando que os flavonoides obtidos de calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) propiciaram um aumento na inibição da germinação de sementes de *Cassia tora* L. (mata-pasto), *Mimosa pudica* L. (malícia) e *Cassia occidentalis* L. (fedegoso), quando comparados a outros extratos.

Moreland e Novitzky (1987) hipotetizaram que os flavonoides alteram a permeabilidade da membrana da mitocôndria e do cloroplasto; por este motivo, os componentes desta classe poderiam afetar negativamente a fisiologia das plantas. Desta maneira, seriam uma opção a serem estudados como um meio de controle de plantas indesejáveis, como herbicida.

Aos taninos (derivados dos compostos fenólicos), existe uma menor quantidade de informações a respeito do envolvimento dos taninos condensados em processos alelopáticos, em relação aos hidrolisáveis. Os condensados são encontrados em todas as classes de plantas, estando, aparentemente, envolvidos com seu desenvolvimento, mais propriamente com a vascularização (Swain 1977).

As antraquinonas, também um derivado fenólico, encontradas em alta intensidade, desempenham função

de proteção nas plantas, através de efeito antifúngico e defesa contra insetos e outros patógenos, além de possuir atividade alelopática, inibindo ou reduzindo o crescimento de outras espécies (Weir et al. 2004; Fujii and Hiradate 2007).

A atividade alelopática das quinonas está associada a estrutura do anel aromático, o que confere a essa classe características lipossolúveis, facilitando a migração entre as membranas dos cloroplastos e mitocôndria e com isto, podendo bloquear a passagem de elétrons entre as membranas internas e externas. Como os elétrons são receptores importantes na síntese de ATP, interferem, por exemplo, na respiração celular e na germinação (Nelson e Cox 2014). Por outro lado, as quinonas, após atravessarem a parede celular, seus grupos carboxil e carboxílicos em meio aquoso conferem as moléculas características hidrofílicas (polares), altamente reativas e podem atuar em diferentes mecanismos celulares, levando a apoptose. Segundo Taiz e Zeiger (2013), as quinonas são moléculas eletrofílicas, altamente reativas, capazes de reagirem com os grupos nucleofílicos  $\text{NH}_2$  e  $\text{SH}$  das proteínas, podendo desativá-los. De modo geral, para Silva et al. (2003), as quinonas têm sido extensivamente investigadas, por apresentarem uma diversidade de atividades biológicas, podendo causar lesões celulares e/ou a morte das células. Como consequência da permeabilidade da membrana celular e dos danos proteicos promovidos pelas quinonas, é possível relacionar a interferência deste processo na germinação e vigor das sementes de alface, tomate e fedegoso (Tabela 1).

Estudos de Andrade Filho et al. (2010) indicaram a presença, no extrato aquoso das folhas da espécie em estudo, coletado também na região de Campo Grande, a presença de taninos hidrolisáveis, saponinas e açúcares redutores. Matias et al. (2013) isolaram do extrato clorofórmico das folhas da espécie, mesma região, triterpenos (ácido ursólico, oleanólico e betulínico), além do ácido anacárdico. Estas informações corroboram os resultados encontrados por esta pesquisa, mesmo tratando-se de solventes extratores mais polares, como a água (Andrade Filho et al. 2010) e de maior apolaridade, como o clorofórmio (Matias et al. 2013), em relação ao solvente empregado por este trabalho, o etanol, indicando a diferença nas classes de metabólitos encontrados nos distintos trabalhos. De acordo com Goldfarb et al. (2009), provavelmente esta situação é relacionada ao fato de que nas plantas os metabólitos secundários estão distribuídos em diferentes órgãos e concentrações, ao longo da sua fase fenológica.

Também a região de origem da planta interfere, pois o meio em que ela cresce pode condicionar a presença ou ausência de determinadas substâncias. Desta maneira, uma outra época ou local poderiam propiciar resultados distintos quanto a presença e/ou intensidade dos compostos. Segundo Gobbo-Neto e Lopes (2007), a sazonalidade é um dos fatores que podem influenciar na produção e diversidade dos fitoconstituintes.

Dependendo da concentração dos metabólitos liberados no meio por uma planta, estes podem determinar o padrão de germinação e crescimento de outras espécies ao redor. Classes como a dos alcaloides, antraquinonas, cumarinas, fenóis, flavonoides, heterosídeos antraquinônicos e cardioativos, taninos e terpenos estão entre as responsáveis pela ação alelopática, devido a toxicidade sobre as células vegetais, alterando a permeabilidade da membrana das células meristemáticas ou atuando em seu citoesqueleto, por exemplo, levando-as à morte (Weir et al. 2004; Fujii and Hiradate 2007; Adams et al. 2011; Mulac and Humpf 2011). Desta maneira, estes metabólitos podem afetar negativamente a germinação ou desenvolvimento das plântulas, por exemplo.

Nesse trabalho também se verificou a presença de heterosídeos cardioativos e segundo Rates et al. (2017), o grupo possui em sua constituição moléculas de açúcar ligadas à aglicona esteroidal, o que lhe confere uma elevada solubilidade em água (solvente polar), com sua toxicidade muitas vezes relacionada a sua solubilidade,

uma característica importante na absorção e na distribuição dessas moléculas.

A presença de compostos apolares, triterpenos e esteroides foi observada com média intensidade, em relação aos constituintes majoritários (Figura 1). Esta classe de metabólitos, como os terpenóides, por exemplo, desempenham funções hormonais e são constituintes da cadeia de transporte de elétrons, atuando também no deslocamento de moléculas através da membrana (Castro et al. 2001); por outro lado, em elevadas concentrações são capazes de lesionar tecidos de plantas (Weir et al. 2004; Fujii and Hiradate 2007).

Já os esteroides são importantes componentes de membranas por terem a capacidade de estabilizarem as caudas dos fosfolipídios; também funcionam como fitohormônios como os brassinosteróides, atuando nos processos fisiológicos das plantas (Castro et al. 2001; Javid et al. 2011). Porém Martins et al. (2010) ressaltam que os extratos vegetais empregados em ensaios com sementes podem levar a um desbalanceamento dos hormônios existentes nas sementes, competindo pelos sítios ativos e/ou inibindo a ação dos hormônios necessários para a germinação.

Em relação ao pH foi encontrado o valor de 5,5 ( $\pm 0,02$ ) no extrato, considerado adequado para a germinação e o crescimento das espécies testadas. Periotto et al. (2012) citaram pH entre 4,4 e 5,1 para o extrato de folhas e caules da mesma espécie, na concentração de 16% (w/v), um pouco mais ácido do que o obtido por este trabalho, não relacionado estes valores com danos as sementes avaliadas.

Os valores de condutividade verificados foram de 112 ( $\pm 1,8 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) e podem ser considerados adequados, pois segundo Souza et al. (1999), resultados inferiores a 200  $\mu\text{S cm}^{-1}$  não possuem efeitos deletérios sobre a germinação e vigor das sementes. A concentração de sólidos solúveis observada foi de 0,1 ( $\pm 0,1$ ) e indicou °Brix tendendo a zero, demonstrando uma baixa concentração de açúcares. De acordo com Oliveira et al. (2013), pequenos valores de sólidos solúveis indicam que o potencial osmótico da solução não irá afetar o processo de absorção de solvente (água) e desta maneira, não afeta o processo de embebição das sementes.

Os resultados obtidos pela análise fitoquímica indicaram a presença de vários compostos secundários com a capacidade de interferir nos processos de germinação das sementes. A presença de compostos fenólicos e derivados, como antraquinonas, justificam o efeito negativo dos extratos sobre as sementes. Porém os resultados foram menos intensos no processo de germinação, com os dados indicando que a percentagem das sementes germinadas de alface e fedegoso não foram afetadas e em relação ao vigor, ocorreu interferência negativa apenas no IVG, a partir de 100 mg mL<sup>-1</sup>. Por outro lado, o tomate sofreu maior interferência na germinação e vigor (IVG e TMG), já a partir de 25 mg mL<sup>-1</sup> (Tabela 1), demonstrando que neste caso, os efeitos foram mais pronunciados, afetando fortemente o processo germinativo. Os dados obtidos corroboram as informações de Periotto et al. (2012), que indicaram o potencial de ação de *Anacardium humile* A.St.-Hil., com extrato aquoso de caule e folhas exercendo efeito negativo sobre sementes de alface e rabanete (*Raphanus sativus* L.) e a formação de plântulas.

Em relação ao fedegoso, embora a germinação não tenha sido afetada, ocorreu perda de vigor, demonstrando que este extrato, mesmo para plantas indesejáveis, possui em sua composição metabólitos que afetam negativamente o processo, indicando seu potencial de uso. O efeito de aleloquímicos sobre sementes de *Senna obtusifolia* e *S. occidentalis* (L.) H.S. Irwin & R.C. Barneby também foi relatado por Souza Filho (2002), trabalhando com extrato aquoso de *Calopogonium mucunoides* Desv. (calopogônio), onde se observou efeito sobre a germinação.

De acordo com Ferreira e Áquila (2000) e Ferreira (2004), normalmente o efeito alelopático é maior

sobre o crescimento das plântulas do que sobre a germinação. Este fato foi observado neste experimento, com efeito mais intenso sobre o desenvolvimento. Periotto et al. (2012), com extrato aquoso de caules e folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil., concentrações de 4, 8 e 12% (w/v), citam que a germinação de sementes de alface não foi afetada pelos diferentes extratos, enquanto o IVG, afetado negativamente, resultados similares aos encontrados por este trabalho.

**Tabela 1 - Germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) em dias para as sementes de alface, tomate e fedegoso, câmara de germinação, extrato etanólico de folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. coletadas em Campo Grande, Mato Grosso do Sul**

mg mL <sup>-1</sup>	alface			tomate			fedegoso		
	G%	IVG	TMG	G%	IVG	TMG	G%	IVG	TMG
0	99a	23a	1,2a	95a	6,2a	3,9a	96a	18,6a	1,7a
25	99a	20,5ab	1,4a	83b	3,6b	6,2b			
50	95a	20,6ab	1,3a	76bc	3,0b	6,3b			
100	96a	19,3bc	1,3a	79bc	3,3b	6,1b	94a	14,4b	2,0a
150	96a	17,5bc	1,6a	78bc	3,3b	6,1b			
200	96a	16,5c	1,5a	67c	2,8b	6,2b	98a	14,8b	1,9a

\* Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Levando-se em consideração a alta intensidade de alguns metabólitos, além da diversidade dos mesmos, poder-se-ia esperar que os efeitos de inibição fossem similares para as três espécies avaliadas, o que não ocorreu. Esses resultados indicam que pode ter ocorrido um efeito de antagonismo dos constituintes químicos presentes, em que uma interferência mútua entre seus constituintes foi formada, propiciando pouco efeito negativo na germinação e vigor para a alface e fedegoso. Macias et al. (1997) relataram que pode ocorrer ação combinatória de diferentes aleloquímicos, em que o processo pode ser de sinergismo ou antagonismo. Desta maneira, a presença e/ou diferenças nas concentrações de determinadas substâncias em determinados órgãos podem ter efeito diverso.

Por outro lado, como as espécies e famílias são diferentes, sua sensibilidade pode variar, de acordo com os aleloquímicos presentes. As sementes de tomate, que apresentaram uma maior susceptibilidade aos extratos, sofreriam com maior intensidade seus efeitos devido algum fator provavelmente relacionada a sua família, Solanaceae, que possuiria maior sensibilidade aos metabólitos encontrados, ao contrário da alface, família Asteraceae e fedegoso, Caesalpinioideae. Os resultados provavelmente estariam, então, ligados aos processos fisiológicos e bioquímicos das espécies, que responderiam de maneira diferente aos extratos. Rizzi et al. (2016), testando diferentes extratos de *Vochysia haenkeana* (Spreng.) Mart. também citaram que sementes de tomate foram mais afetadas que as de alface, demonstrando sua maior susceptibilidade a presença dos metabólitos.

Os resultados obtidos confirmam parcialmente a afirmação de Ferreira e Áquila (2000), que apontam o crescimento da plântula sendo mais afetado, pois as substâncias podem induzir o aparecimento de problemas de desenvolvimento. Porém na dependência da espécie, o processo germinativo também pode ser alterado negativamente, o que ocorreu para as sementes de tomate, situação demonstrada por Rizzi et al. (2016), que utilizando extratos de *V. haenkeana* confirmam que os extratos podem afetar tanto a germinação como o crescimento das plântulas.

Avaliando o desenvolvimento das plantas de alface, tomate e fedegoso, pode ser observado que os extratos

influenciaram negativamente no comprimento da raiz primária e parte aérea, a partir das menores concentrações (Tabela 2), indicando que durante o crescimento das plântulas os aleloquímicos presentes foram mais efetivos para causar danos. Por outro lado, Periotto et al. (2012), com extrato aquoso da mesma espécie, citam que as concentrações utilizadas (4, 8 e 12%) não levaram a uma redução de tamanho das plântulas de alface, resultados distintos dos encontrados por este trabalho.

**Tabela 2 - Comprimento médio das raízes e caules (mm) de plântulas de alface, tomate e fedegoso em câmara de germinação, extrato etanólico de folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. coletadas em Campo Grande, Mato Grosso do Sul**

mg mL <sup>-1</sup>	alface		tomate		fedegoso	
	Raiz	Caule	Raiz	Caule	Raiz	Caule
0	46,3 a	15,3 a	76,8 a	25,1 a	27,5 a	27,5 a
25	15,4 b	5,9 b	55,2 b	18,5 b		
50	15,6 b	6,4 b	23,8 c	11,7 c		
100	9,1 c	6,8 b	14,3 d	8,5 d	23,5 b	17,4 b
150	7,9 c	5,2 bc	3,9 e	5,6 e		
200	4 d	4,5 c	3,2 e	3,8 e	20,9 b	17,1 b

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos, conforme Ferreira (2004), seriam os esperados, onde o processo de germinação seria o menos afetado quando da presença de aleloquímicos; por outro lado, o desenvolvimento das plântulas apresenta maior sensibilidade a presença destes compostos. Silva et al. (2014) trabalhando com extratos aquosos de *Caryocar coriaceum* Wittm descreveram que o comprimento da raiz e do caule de plântulas de alface sofreram maior interferência que a germinação das sementes. Por outro lado, Gusman et al. (2014) avaliando extratos aquosos de *Cyperus rotundus* L., *Bidens pilosa* L. e *Euphorbia heterophylla* L. na germinação e no crescimento inicial de *Lycopersicon esculentum*, *Lactuca sativa*, *Brassica oleracea* e *Raphanus sativus*, relataram a interferência tanto na germinação quanto no crescimento inicial.

Em relação ao crescimento das plântulas, ao contrário do processo germinativo, a espécie mais afetada foi a alface, com redução no tamanho das plântulas já a partir de 25 mg mL<sup>-1</sup>, com o comprimento da raiz e caule reduzidos em 66,7% e 61,4%, respectivamente; já para o tomate, redução em 27,4% (raiz) e 26,3% (caule), enquanto para o fedegoso, em 14,6% (raiz) e 36,7% (caule). Durante o desenvolvimento das plântulas ocorrem mudanças em seu padrão fisiológico e bioquímico. Desta maneira podem ocorrer alterações a sensibilidade a determinados aleloquímicos. Por este motivo, provavelmente a alface começou a apresentar maior susceptibilidade aos metabólitos nesta fase de crescimento.

A redução no comprimento das estruturas, nas maiores concentrações, foi grande, demonstrando a forte ação dos aleloquímicos; embora as plântulas de fedegoso tenham sido menos afetadas, as concentrações do extrato testado indicaram novamente que mesmo uma espécie considerada indesejável pode ser negativamente influenciada pelos metabólitos produzidos por *Anacardium humile* A.St.-Hil.

O comportamento das espécies em casa de vegetação foi diferenciado, com a emergência da alface afetada já na menor concentração, enquanto o tomate, na maior. O fedegoso não foi afetado. Em relação ao crescimento, a alface sofreu mais intensamente a ação negativa dos extratos, também a partir da menor concentração, tanto para a raiz e caule; já o tomate e fedegoso, somente a raiz, na concentração de 10 e 20%, respectivamente (Tabela

3).

O índice de velocidade de emergência e o crescimento do caule do tomate foram beneficiados com a adição do pó das folhas ao substrato, resultado provavelmente relacionado a presença de fitohormônios (flavonoides e esteroides) nos extratos, atuando de maneira diferenciada, em relação a esta espécie. Os flavonoides, polifenóis, são denominados como fitohormônios (Chou et al. 1998) e em geral, atuam como antagonista dos ácidos giberélico (GA) e abscísico (ABA); neste caso, para o tomate, favoreceu o crescimento, provavelmente induzido pelos ácidos giberélico, de acordo com informações de Einhellig (1995).

Para regulação do metabolismo, crescimento e morfogênese nas plantas, estas dependem de sinais químicos e com isto tem-se os hormônios como moléculas sinalizadoras, tais como as auxinas, giberelinas, citocininas e ácido abscísico; no entanto, os esteroides e especificamente, os brassinoesteróides, são reconhecidos por influenciar nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, como germinação, crescimento, senescência e abscisão foliar (Sasse 1997; Taiz e Zeiger 2013).

Estes resultados demonstram que na dependência da concentração do pó das folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. pode ocorrer favorecimento no crescimento de plântulas de algumas espécies, em relação a parte aérea. Porém, o aumento na percentagem de pó leva a uma redução no desenvolvimento do sistema radicular, enquanto a parte aérea não é afetada, crescendo sem danos visíveis. Esta situação poderia indicar que a presença de fitohormônios é regulada pela quantidade de aleloquímicos presentes.

**Tabela 3 - Emergência (%), índice de velocidade de emergência (IVE) e comprimento médio (mm) das raízes e caules de plântulas de alface (alf), tomate (tmt) e fedegoso (fdg) em casa de vegetação, em diferentes concentrações com pó de folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. no substrato, folhas coletadas em Campo Grande, Mato Grosso do Sul**

%	Emerg			IVE			Raiz			Caule		
	alf	tmt	fdg	alf	tmt	fdg	alf	tmt	feg	alf	tmt	fdg
0	94a	97a	82a	3,1a	3,2b	7,9a	38,2a	42,6a	42,6a	24,7a	23,9b	37,8a
5	80b	92ab	81a	4,4b	2,3a	7,2a	30,4b	42,6a	36,5b	18,8b	28,9a	37,5a
10	63c	92ab	84a	4,1b	2,2a	7,8a	20,9c	33,7b	36,2b	19,3b	37,0a	36,1a
20	50c	84b	82a	5,0c	2,3a	7,7a	7,9d	24,1c	35,4b	12,3c	30,9a	36,9a

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao crescimento em casa de vegetação, os resultados novamente confirmam a ação alelopática de *A. humile*, com maior efeito sobre a alface, similar ao observado em câmara de germinação; porém o efeito alelopático foi menor do que o observado em laboratório, demonstrando que determinadas espécies são mais sensíveis que outras, com os efeitos em câmara de germinação sendo mais negativos

De acordo com Fujii e Hiradate (2007), para que exista interferência dos compostos, estas substâncias precisam ser liberadas e, em seguida acumuladas em quantidades suficientes para que ocorra a atividade alelopática. Porém este processo é mais complexo em ambiente onde as condições ambientais são flutuantes e ocorre a presença de radiação ultravioleta e infravermelha, que podem alterar a estrutura dos aleloquímicos, além da própria degradação por microrganismos. Almeida et al. (2008) descrevem que em casa de vegetação ou campo, os compostos alelopáticos podem sofrer ou causar estresse oxidativo, atuando diretamente na degradação celular, prejudicando os processos fisiológicos e afetando o desenvolvimento inicial das espécies-alvo; por outro lado, em determinadas situações, sua degradação pode levar a produção de metabólitos que

levam a um maior crescimento, quando em menores concentrações, como observado para o tomate, parte aérea ou, levar a inatividade dos compostos presentes.

## CONCLUSÃO

O extrato demonstrou potencial de inibição no crescimento e IVG das espécies avaliadas, evidenciando que as substâncias contidas nas folhas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. possuem ação alelopática, atrasando e reduzindo o processo germinativo, além de causar menor crescimento nas plântulas. Porém os extratos e substratos possuem ação diferenciada, indicando que o potencial de ação é condicionado pelas espécies testadas e sua sensibilidade a presença de compostos fenólicos e seus derivados, os principais aleloquímicos presentes.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelas bolsas de mestrado e doutorado e também ao CNPq, pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa e Iniciação Científica (PIBIC), concedidas. E o apoio financeiro do CNPq, CPP, INAU, FUNDECT e a Universidade Anhanguera-Uniderp pelo financiamento do Grupo Interdisciplinar de Pesquisa (GIP) e de Produtos Naturais (PN).

## REFERÊNCIAS

Adams TB, Gavin CL, MCGOWEN MM, WADDELL WJ, COHEN SM, FERON VJ, MARNETT LJ, MUNRO IC, PORTOGHESE PS, RIETJENS IM, SMITH RL. 2011. The FEMA GRAS assessment of aliphatic and aromatic terpene hydrocarbons used as flavor ingredients. **Food and Chemical Toxicology**, 49(10): 2471-2494.

Almeida GD, ZUCOLOTO M, ZETUN MC, COELHO I, SOBREIR FN. 2008. Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, 61(1): 4237-4247.

Andrade Filho NN, ROEL AR, PORTO KRA, SOUZA RO, COELHO RM, PORTELA A. 2010. Toxicidade do extrato aquoso das folhas de *Anacardium humile* para *Bemisia tuberculata*. **Ciência Rural**, 40(8): 1689-1694.

Broinizi PRB, ANDRADE-WARTHA ERS, SILVA AMO, NOVOA AJV, TORRES RP, AZEREDO HMC, ALVES RE, MANCINI-FILHO J. 2007. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia Alimentar**, 27(4): 902-908.

Carvalho MP, SANTANA DG, RANAL MA. 2005. Emergência de plântulas de *Anacardium humile* A.St.-Hil. (Anacardiaceae) avaliada por meio de amostras pequenas. **Revista Brasileira de Botânica**, 28(3): 627-633.

Castro HG, FERREIRA FA, SILVA DD e MOSQUIM PR. 2001. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**. Visconde do Rio Branco: Suprema. 104p.

Chou CH. 2006. Introduction to allelopathy. In: Reigosa MJ, Pedrol N and Gonsáles L. (Eds.). **Allelopathy: a physiological process with ecological implications**. Dordrecht: Springer. p. 1-9.

Chou C, Fu C, Li S, Wnag Y. 1998. Allelopathic potential of *Acacia confusa* and related species in Taiwan. **Journal of Chemical Ecology**, 24(2): 2131-2150.

Correia SJ, David JP, David JM. 2006. Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. **Química Nova**, 6: 1287-1300.

Costa AF. 2002. **Farmacognosia**. 6ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian. 824p.

Do QD, Angkawijaya AE, Tran-Nguyen PL, Huynh LH, Soetaredjo FE, Ismadji S, Ju YH. 2014. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. **Journal of Food and Drug Analysis**, 22(3): 296-302.

Einhellig FA. 1995. Mechanisms of action of allelochemicals in allelopathy. In: Inderjit KM, Dashini N. and Einhellig FA. (Eds.). **Allelopathy: organism, processes and applications**. Washington: ASC Symposium Series 582 - American Chemical Society. p. 1-116.

Ferreira AG, Áquila MEA. 2000. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 12: 175-204.

Ferreira AG. 2004. Interferência: competição e alelopatia. In: Ferreira AG e Borguetti F. (Eds.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed. p. 252-262.

Fontoura FM, Matias R, Oliveira AKM, Ludwig J, Bono JAM, Martins PFRB, Corsino J, Guedes NMR. 2015. Seasonal effects and antifungal activity from bark chemical constituents of *Sterculia apetala* (Malvaceae) at Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Acta Amazonica**, 45(3): 283-292.

Fujii Y and Hiradate S. 2007. **Allelopathy: new concepts & methodology**. Enfield: Science Publishers. 398p.

Gobbo-Neto L, Lopes NP. 2007. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, 30(2): 374-381.

Godinho CS, Silva CM, Mendes CSO, Ferreira PRB, Oliveira DA. 2015. Estudo fitoquímico de espécies arbóreas do Cerrado. **Revista Multitexto**, 3(2): 64-70.

Goldfarb M, Pimentel LW, Pimentel NW. 2009. Alelopatia: relações nos agroecossistemas. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, 3(1): 23-28.

Gusman GS, Yamagushi MQ, Vestena S. 2014. Potencial alelopático de extratos aquosos de *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbia heterophylla* L. **Iheringia Série Botânica**, 66(1): 87-98.

Javid MG, Sorooshzadeh A, Moradi F, Sanavy SAMM, Allahdadi I. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. **Australian Journal of Crop Science**, 5: 726-734.

Kumar S. 2006. **Organic chemistry: spectroscopy of organic compounds**. Amritsar: Guru Nanak Dev University. 36p.

Luiz-Ferreira A, Almeida AC, Cola M, Barbastefano V, Almeida AB, Batista LM, Farias-Silva E, Pellizzon CH,

Hiruma-Lima CA, Santos LC, Vilegas W, Brito AR. 2010. Mechanisms of the gastric antiulcerogenic activity of *Anacardium humile* St. Hil on ethanol-induced acute gastric mucosal injury in rats. **Molecules**, 15(10): 7153-7166.

Luiz-Ferreira A, Cola-Miranda M, Barbastefano V, Hiruma-Lima CA, Vilegas W, Brito ARMS. 2008. Should *Anacardium humile* St. Hill. be used as an antiulcer agent? A scientific approach to the traditional knowledge. **Fitoterapia**, 79(3): 207-209.

Macias FA, Simonet AM, Galindo JCG. 1997. Bioactive steroids and triterpenes from *Melilotus messanensis* and their allelopathic potential. **Journal of Chemical Ecology**, 23(7): 1781-1803.

Matias R, Roel AR, Andrade Filho NN, Schleder EEJD, Yasunaka DS, Cardoso CAL. 2013. Control of silverleaf whitefly in cassava grown in the greenhouse treated with *Anacardium humile* (Anacardiaceae) extract. **Bioscience Journal**, 29(6): 1815-1822.

Matias R, Rosa AC, Oliveira AKM, Pereira KCL, Rizzi ES, Machado AA. 2017. Cashew nut shell liquid and formulation: toxicity during the germination of lettuce, tomato seeds and coffee senna and seedling formation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 39(4): 487-495.

Martins CM, Vasconcellos MAS, Rossetto CAV, Carvalho MG. 2010. Prospecção fitoquímica do arilo de sementes de maracujá amarelo e influência em germinação de sementes. **Ciência Rural**, 40(9): 1934-1940.

Matos JFA. 2009. **Introdução a fitoquímica experimental**. 2ed. Fortaleza: UFC. 150p.

Moreland DE and Novitzky WP. 1987. Effects of phenolic acids, coumarins, and flavonoids on isolated chloroplasts and mitochondria. In: Waller GR. (Ed.) **Allelochemicals: role in agriculture and forestry**. Washington: American Chemical Society. p. 247-261.

Mulac D, Humpf HU. 2011. Cytotoxicity and accumulation of ergot alkaloids in human primary cells. **Toxicology**, 282(3): 112-121.

Nelson DL, Cox MM. 2014. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Porto Alegre: Artmed. 1328p.

Oliveira AKM, Ribeiro JWF, Fontoura FM, Matias R. 2013. Leaf extract effects of *Vochysia divergens* on lettuce and tomato. **Allelopathy Journal**, 31(1): 129-138.

Oliveira AKM, Pereira KCL, Muller JAI, Matias R. 2014a. Análise fitoquímica e potencial alelopático das cascas de *Pouteria ramiflora* na germinação de alface. **Horticultura Brasileira**, 32(1): 41-47.

Oliveira AKM, Matias R, Lopes SS, Fontoura FM. 2014b. Allelopathy and influence of leaves of *Palicourea rigida* (Rubiaceae) on seed germination and seedling formation in lettuce. **Bioscience Journal**, 30(5): 938-947.

Periotto F, Gualtieri SCJ, Lima MIS. 2012. Allelopathic potential of *Anacardium humile* Mart. and their effects on seed germination and early development of seedlings. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, 2(6): 2-14.

Pires NM, Prates HT, Pereira Filho IA, Oliveira Junior RS, Faria TCL. 2001. Atividade alelopática da leucena sobre

espécies de plantas daninhas. **Scientia Agricola**, 58(1): 61-65.

Rates SMK, Bridi R, Braga FC e Simões CMO. 2017. Heterosídeos cardioativos. In: Simões CMO, Schenkel EP, Mello JCP, Mentz LA e Petrovick PR. (Orgs.). **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed. p. 271-284.

Reigosa M, Gomes AS, Ferreira AG, Borghetti F. 2013. Allelopathic research in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, 27(4): 629-646.

Rizzi ES, Pereira KCL, Abreu CAA, Silva BCFL, Fernandes RM, Oliveira AKM, Matias R. 2016. Allelopathic potential and phytochemistry of cambarazinho (*Vochysia haenkeana* (Spreng.) Mart.) leaves in the germination and development of lettuce and tomato. **Bioscience Journal**, 32(1): 98-107.

Robards K, Antolovich M. 1997. Analytical chemistry of fruit bioflavonoids – a review. **The Analyst**, v. 122, p. 11R-34R.

Santos S, Moraes MLL, Rezende MOO, Souza Filho APS. 2011. Potencial alelopático e identificação de compostos secundários em extratos de calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) utilizando eletroforese capilar. **Eclética Química**, 36(2): 51-68.

Sasse JM. 1997. Recent progress in brassinosteroid research. **Physiologia Plantarum**, 100: 696-701.

Silva MAP, Medeiros Filho S, Duarte AE, Moreira FJM. 2014. Potencial alelopático de *Caryocar coriaceum* Wittm na germinação e crescimento inicial de plântulas de alface. **Cadernos de Cultura e Ciência**, 13(1): 17-24.

Silva MN, Ferreira VF, Souza MCBV. 2003. Um panorama atual da química e da farmacologia de naftoquinonas, com ênfase na beta-lapachona e derivados. **Química Nova**, 26(3): 407-416.

Silverstein RM, Webster FX, Kiemle DJ and David LB. 2014. **Spectrometric identification of organic compounds** 8<sup>th</sup> edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 464p.

Simões CMO, Schenkel EP, Mello JCP, Mentz LA e Petrovick PR. (Orgs.). 2017. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed. 502p.

Souza CLM, Morais V, Silva ER, Lopes HM, Tozani R, Parraga MS, Carvalho GJA. 1999. Efeito inibidor dos extratos hidroalcolócos de coberturas mortas sobre a germinação de sementes de cenoura e alface. **Planta Daninha**, 17(2): 263-271.

Souza Filho APS. 2002. Alelopatia em agroecossistemas. In: Souza Filho APS e Alves SM. (Eds.). **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. p. 165-166.

Swain T. 1977. Secondary compounds as protective agents. **Annual Review of Plant Physiology**, 28: 479-501.

Taiz L e Zeiger E. 2013. **Fisiologia vegetal**. 5ed. Porto Alegre: Artmed. 918 p.

Weir TL, Park S-W, Vivanco JM. 2004. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. **Current Opinion in Plant Biology**, 7(4): 472-479.

Zuanazzi JAC e Montanha JA. 2010. Flavonóides. In: Simões CMO, Schenkel EP, Gosmann G, Mello JCP, Mentz L e Petrovick PR. (Orgs). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6ed. Porto Alegre: UFRGS, p. 577-614.