

ALELOPATIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO MACACAR

Iere Caindre Andrade Brito

Mestre em Sistemas Agrosilvipastoris no semiárido – UFCG- Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Cx. Postal 64, Bairro: Jatobá, CEP 58700-970, Patos – Paraíba.
e-mail: ierecaindre_agro@yahoo.com.br

Diércules Rodrigues dos Santos

Professor Doutor da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal. UFCG- Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Cx. Postal 64, Bairro: Jatobá, CEP 58700-970, Patos – Paraíba.
e-mail: diercules@ig.com.br

Resumo - O sucesso da implantação de sistemas agrosilvipastoris depende, dentre outros fatores, de estudos que avaliem o efeito alelopático entre as espécies. O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito alelopático de extratos de ramos de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) e marmeleiro (*Croton sonderianus* Mull. Arg.) na germinação e vigor de feijão macacar. Foram utilizados extratos aquosos destas duas espécies isoladamente e juntos (1:1) nas concentrações de 0, 25, 50, 75 e 100% a partir do extrato bruto em laboratório e viveiro telado. No ensaio o delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 5 x 3 (concentração e fontes dos extratos), em quatro repetições. Em laboratório a germinação do feijão foi mais reduzida quando se utilizou os extratos misturados, entretanto as características que determinavam o vigor das plântulas foram mais afetados pelos extratos usados isoladamente. Em viveiro o uso dos três extratos não apresentou diferenças entre si quanto à germinação final, não obstante houve influencia no vigor das plântulas.

Palavras chave: Agrosilvipastoril, Efeito Alelopático, Sementes, Semiárido

ALLELOPATHY OF SAVANNA TREE SPECIES ON GERMINATION AND VIGOR OF BEAN SEEDS (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

Abstract - The successful implementation of systems agrosilvipastoris depends, among other factors, studies to assess the allelopathic effects between species. The work was to evaluate the allelopathic effects of extracts from twigs of Jurema (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) and Marmeleiro (*Croton sonderianus* Mull. Arg.) germination and vigor of bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). We used aqueous extracts of these two species alone and together (1:1) at concentrations of 0, 25, 50, 75 and 100% from the crude extract in the laboratory greenhouse and nursery. In testing the experimental design was completely randomized design with treatments arranged in a factorial 5 x 3 (concentration and sources of the extracts) were used. In laboratory germination of beans was lower when using extracts mixed, however the characteristics that determine the vigor of the seedlings were more affected by the extracts used in isolation. In the nursery use of the three extracts did not differ among themselves as to the final germination, although there were influences in seedling vigor.

Keywords: Agrosilvipastoril, Allelopathic Effect, Seeds, Semi-Arid

INTRODUÇÃO

A atividade aleloquímica é um importante elemento de defesa para espécies vegetais, a qual se refere às interações bioquímicas que ocorrem entre essas espécies. Os produtos que conferem caráter alelopático são originados dos metabolismos primários e secundários (FERREIRA e AQUILA, 2000).

Estes metabólitos se originam do metabolismo da glicose, tendo como intermediários principais, o ácido chiquímico e o acetato. Além disso, alguns metabólitos

secundários resultam da combinação de uma unidade de ácido chiquímico e uma ou mais unidades de acetato ou derivados destes, como é o caso das antraquinonas, dos flavonóides e dos taninos condensados (CÂNDIDO, 2007).

Em se tratando de prejuízos em vegetais as funções mais afetadas são o crescimento, a assimilação de nutrientes, a fotossíntese, a síntese de proteínas, a respiração, a permeabilidade da membrana celular e a atividade enzimática (ALMEIDA, 1988).

De acordo com o modo de ação dos aleloquímicos pode-se dividi-lo como de ação direta e indireta. Onde no primeiro, há modificações nas propriedades edáficas e nas comunidades microbiológicas, enquanto no segundo pode ocorrer a absorção do aleloquímico pelas células da planta receptora alterando assim seu metabolismo (FERREIRA & ÁQUILA, 2000).

A atividade alelopática é complexa, atuando de várias maneiras dependendo de muitos fatores intrínsecos à planta alvo, à planta teste ou ambientais. Por exemplo, Rodrigues et al. (1999) verificaram que a resteva de trigo não influenciou a germinação de culturas como milho e feijão, mas reduziu o seu crescimento.

Das várias espécies com potencial alelopático descritas na literatura, algumas do gênero *Croton* foram identificadas como, por exemplo, *C. bonplandianum* (THAPAR & SINGH, 2006). No entanto, pouco se sabe sobre a capacidade alelopática das espécies de *Croton* nativas do Brasil.

O marmeleiro (*Croton sonderianus* Mull. Arg.) é o principal arbusto colonizador das caatingas sucessionais do Nordeste que tem grande poder invasor. Em áreas sucessionais, esta espécie pode apresentar densidade de 10.000 a 45.000 plantas/ha (CARVALHO et al., 2001). O estudo fitoquímico desta espécie aponta um óleo essencial de composição complexa como responsável pelo aroma das folhas e cascas o qual contém pineno, cânfora, guaiazuleno, além de vários outros monoterpenos e sesquiterpenos. O extrato benzênico de sua madeira mostrou-se ativo contra *Staphylococcus aureus* e em sua composição foram encontrados a scopoletina, que é uma hidroxycumarina e vários diterpenos (LORENZI & MATOS, 2002).

Pesquisas envolvendo extratos aquosos e/ou resíduos foliares de marmeleiro incorporados ao solo evidenciaram a interferência desta espécie na germinação e desenvolvimento de espécies daninhas, muitas vezes atribuído à diminuição dos pigmentos fotossintetizantes (ALBUQUERQUE et al., 2009).

A jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poir.), pertencente à família das Fabaceae é um arbusto ou arvoreta de 2,5 a 5 m, de copa aberta, ramos nigrescentes, resinosos quando jovens, com acúleos subulados, retos, de base larga. A espécie possui um caráter muito agressivo e é muito utilizada para obtenção de forragem para os animais e para lenha (QUEIROZ, 2009). Nas cascas há cerca de 17,74% de tanino condensado o que reduz o ataque de pragas e doenças (PAES et al., 2006).

Bioensaios envolvendo extratos de algumas espécies do semiárido como a jurema-preta e o cumaru indicaram a presença de fitotoxicidade para alguns vegetais de importância econômica como alface, sorgo, milho e feijão guandu (MANO, 2006; SILVA, 2007). Estes resultados chamam a atenção para o correto dimensionamento populacional destas plantas nos sistemas agroflorestais.

No semi-árido do nordeste brasileiro, grande parte dos agricultores cultivam principalmente milho e

feijão, especialmente para autoconsumo. O cultivo dessas culturas agrícolas em sistemas agroflorestais, com predominância de espécies nativas como a jurema-preta e o marmeleiro deve ser observado, pois compostos considerados alelopáticos são encontrados nestes vegetais (POSER et al., 1996; PERIOTTO et al., 2004; XUAN et al., 2005).

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito alelopático de extratos de ramos de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) e marmeleiro (*Croton sonderianus* Mull. Arg.) na germinação e vigor de feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos-PB, entre março e junho de 2009.

A matéria fresca, constituída de ramos ($\Phi < 5$ mm) de marmeleiro e jurema-preta foi coletada ao fim da tarde, em estágio de vegetação plena, na Fazenda Nuperárido, pertencente à Universidade Federal de Campina Grande, no município de Patos-PB, com temperatura média anual de 32,9 °C e umidade relativa do ar de 61 % (BRASIL, 1992a).

O material vegetal de cada espécie foi picado, pesado e triturado com água destilada em liquidificador industrial por três minutos e em seguida deixado em repouso por 30 minutos. Utilizou-se peneira de 2 mm para filtração dos extratos que foram acondicionados em vidros translúcidos e deixados em geladeira até seu uso em no máximo 30 dias. A obtenção do extrato bruto de *C. sonderianus* e *M. tenuiflora* foi realizada obedecendo-se a metodologia de Cruz et al. (2000), onde 250 g do material vegetal foram triturados em 1000 mL de água destilada. A partir dos extratos brutos foram feitas diluições, com água destilada, na ordem de 25, 50, 75 e 100%, comparando-se ao tratamento onde houve apenas água destilada.

Os resultados de pH para os extratos nas concentrações de 25, 50, 75 e 100 % foram, respectivamente: jurema-preta: 5,9; 5,8; 5,7 e 5,7; marmeleiro: 5,9; 5,8; 5,8 e 5,8; jurema mais marmeleiro: 6,1; 5,7; 5,7 e 5,7. Os valores da CE (dS/m) para as concentrações de 25, 50, 75, e 100 %, foram: jurema-preta: 0,56; 1,02; 1,64; e 2,04; marmeleiro: 0,91; 1,3; 1,8; e 2,26; jurema mais marmeleiro: 0,31; 1,0; 1,7 e 2,07.

Para os testes utilizaram-se os extratos brutos de marmeleiro, jurema-preta e uma mistura de extratos brutos de jurema-preta mais marmeleiro (1:1) nas diluições descritas acima além do tratamento controle (apenas água destilada).

A planta alvo utilizada foi o feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cujas sementes foram adquiridas de agricultor da região de Patos. Os testes

foram realizados em condições de laboratório e viveiro telado.

Todos os ensaios em laboratório foram desenvolvidos em caixas transparentes de 11 x 11 x 3 cm com tampa, esterilizadas com álcool etílico, nas quais foram colocadas duas folhas de papel germitest, previamente esterilizadas em autoclave a 120°C por uma hora. Posteriormente houve o umedecimento das folhas de papel com 12 mL do extrato em suas respectivas diluições, sendo que havendo necessidade de umedecimento, todas as caixas receberam volumes iguais de, no máximo 4mL/caixa, quando os papéis tenderam ao ressecamento pelo levantamento das tampas nos últimos dias do ensaio.

Em cada caixa foram semeadas 25 sementes, desinfetadas em solução de hipoclorito de sódio a 5%, em quatro repetições por tratamento. As caixas foram acondicionadas em câmara climatizada (BOD), com luminosidade somente no momento da contagem e temperatura de 25° C. As contagens ocorreram no quarto e décimo quarto dia após a semeadura, para obtenção do percentual inicial e final de germinação.

Para a avaliação de germinação considerou-se como germinadas as sementes que apresentavam protusão radicular acima de 2 mm (BRASIL, 1992b). A fórmula utilizada para o cálculo da porcentagem inicial e final de germinação foi a descrita por Labouriau e Valadares (1976): $G=(N/A) \times 100$. Onde, N = número total de sementes germinadas; A = número total de sementes colocadas para germinar. As contagens ocorreram no quarto e décimo quarto dia após a semeadura, para obtenção do percentual inicial e final de germinação. Para a avaliação de germinação considerou-se como germinadas as sementes que apresentavam protusão radicular acima de 2 mm (BRASIL, 1992b).

O experimento em viveiro foi realizado em área telada. As sementes utilizadas foram tratadas da mesma forma que aquelas utilizadas no laboratório. Foram utilizados 120 tubetes de 350 cm³ preenchidos com um substrato constituído de areia lavada e vermiculita 1:1, (v/v), esterilizadas em autoclave a 120°C e 1 atm por 20 minutos. A esse substrato foram adicionadas três sementes por tubete e, ao final dos 14 dias foi calculada a média de CPA e CR das plântulas em cada tubete. O volume de extrato adicionado correspondeu a 70 % da capacidade de campo do substrato.

Ao final do quarto e décimo quarto dias após a semeadura realizou-se a contagem de sementes germinadas, consideradas aquelas que emergiram o epicótilo. A porcentagem de emergência foi calculada de acordo com a metodologia usada por Labouriau e Valadares (1976) e corrigidas de acordo com a expressão $(\sqrt{G}) + 0,5$. Ao final dos 14 dias foram avaliados o comprimento da raiz principal (distância do coleto ao meristema apical radicular) e parte aérea (distância do

coleta ao ápice meristemático das folhas) do feijão macaçar (BENINCASA, 1988).

Somente foram mesuradas as plântulas com capacidade de desenvolvimento segundo Brasil (1992b).

Utilizou-se delineamento inteiramente ao acaso, com 15 tratamentos num arranjo fatorial 5 x 3 (concentração e fontes dos extratos), em quatro repetições. Os dados de germinação e comprimento de parte aérea e radicular foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 %. As interações significativas foram submetidas à regressão na análise de variância. As equações com coeficiente de determinação (R²) menor que 0,15 para os componentes quadráticos ou lineares foram consideradas não ajustadas. Utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT (2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Germinação e crescimento de plântulas em laboratório

As porcentagens de germinação inicial (PGI), germinação final (PGF), comprimento de parte aérea (CPA) e radicular (CR) de plântulas de feijão macaçar submetidas à concentração e fontes de extrato com suas respectivas equações de regressão e r² estão apresentadas na tabela 1.

Para PGI e PGF a interação não foi significativa ao extrato de marmeleiro. Estes resultados são contrastantes aos de alguns autores (MUNIZ et al., 2007; PEREIRA et al., 2008), porém corroboram com os obtidos por Silva (2007).

A PGI e PGF do feijão foram reduzidas 0,084 e 0,076 unidades percentuais para cada unidade aumentada na concentração do extrato da jurema. A junção dos extratos reduziu tanto a PGI quanto a PGF do feijão macaçar, em torno de 0,56 a 0,57% para cada unidade percentual aumentada na concentração. Entretanto pode-se observar que este tipo de extrato foi mais deletério do que aqueles utilizados isoladamente. Estes resultados corroboram os obtidos por Souza Filho (2006), com interação de aleloquímicos, em seu primeiro modelo teórico.

A baixa sensibilidade do feijão aos extratos isolados não descaracteriza o potencial alelopático das espécies teste, uma vez que a resistência a alguns metabólitos secundários considerados alelopáticos pode ser mais ou menos específica, existindo variações de sensibilidade de uma espécie para outra (ALMEIDA, 2007). Todavia, como se pode perceber, um composto que se apresenta tóxico para uma espécie pode ser inócua a outra, mesmo estando estreitamente relacionada com esta (CÂNDIDO, 2007).

Tabela 1. Porcentagem de germinação inicial (PGI - %), final (PGF - %), comprimento de parte aérea (CPA - %), comprimento radicular (CR - %) e equações de regressão para feijão macaçar em laboratório.

Fonte	Parâmetros	Concentrações (%)					Equações	r ²
		0	25	50	75	100		
Marmeleiro	PGI	95	92	95	95	93	ns	ns
	PGF	96	93	95	95	93	ns	ns
	CPA	9	9	7	8	5	y = 9,61 - 0,041x**	0,79
	CR	9	8	7	7	4	y = 9,33 - 0,046x**	0,85
Jurema	PGI	96	93	90	90	87	y = 95,40 - 0,084x*	0,94
	PGF	97	94	93	91	89	y = 96,60 - 0,076x*	0,98
	CPA	8	5	5	4,5	4,55	y = 6,71 - 0,027x**	0,66
	CR	9	5	5	3,5	2,9	y = 7,98 - 0,057x**	0,86
Jurema + Marmeleiro	PGI	96	50	42	43	29	y = 80,20 - 0,56x**	0,75
	PGF	97	60	47	48	32	y = 85,20 - 0,57x**	0,83
	CPA	13	13	6	6	6	y = 13,05 - 0,08x**	0,73
	CR	10	12	10	5	5	y = 11,81 - 0,07x**	0,73

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade

No que se refere às fontes testadas na germinação inicial da espécie alvo estudada, verifica-se que esta espécie foi menos afetada pelas fontes isoladas de jurema e marmeleiro, já a interação dos extratos causou o menor índice de germinação (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito de três fontes de extratos vegetais na porcentagem de germinação inicial (PGI - %) de feijão macaçar em laboratório.

Fontes	PGI feijão
Extrato de marmeleiro	94 a
Extrato de jurema	91 a
Extrato de j + m	52 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Silva & Aquila (2006) verificando o efeito de extratos de *Erythroxylum argentinum*, *Luehea divaricata*, *Mysine guianensis* e *Ocotea peberula* sobre a germinação inicial de alface, não obtiveram diferença significativa em relação ao grupo controle apesar daquelas espécies apresentarem potencial alelopático.

Da mesma forma que para a germinação inicial, observa-se que a interação dos extratos da jurema-preta e do marmeleiro afetou negativamente a germinação final do feijão à medida que a concentração do extrato na solução aumentou. Estes dados se assemelham aos obtidos por Lustosa et al. (2007) testando o efeito alelopático de *Piper aduncum* L. e *Piper tectoniifolium* Kunth em alface, sob condições de laboratório.

Trabalhos realizados com extratos de espécies nativas da caatinga como a jurema e o cumaru, em

bioensaios também demonstraram efeito alelopático na germinação de algumas espécies de importância econômica (MANO, 2006; SILVA, 2007). Entretanto, deve-se atentar para a resposta dada por cada espécie alvo porque as sementes pequenas são mais afetadas do que sementes grandes (SOUZA FILHO et al. (2003).

Lima et al. (2007) observaram que extratos aquosos da parte aérea de crotalária, feijão-de-porco e gergelim reduziram a germinação final de *Bidens pilosa* em concentração de 20%.

Os resultados obtidos para as fontes de extratos analisados quanto à porcentagem de germinação final mostram que interação entre os dois extratos juntos prejudicou a germinação do feijão. Neste caso não houve diferença significativa entre os extratos puros (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito de três fontes de extratos vegetais na percentagem de germinação inicial (PGF - %) de feijão macaçar em laboratório.

Fontes	PGF feijão
Extrato de marmeleiro	94 a
Extrato de jurema	93 a
Extrato de j + m	57 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Outro fator que se deve considerar é que geralmente os testes de germinação em meio a extratos são menos responsivos do que aqueles em que é analisado o crescimento da planta, como o comprimento de raiz e parte aérea. (INDERJIT & DAKSHINI, 1995; SILVA & AQUILA, 2006). Há de se considerar, também, que existem influências diversas que podem modificar os dados obtidos desde a época em que as folhas são coletadas até a espécie alvo testada (JACOBI & FERREIRA, 1991; FERREIRA & AQUILA, 2000).

Em alguns trabalhos envolvendo extratos aquosos de espécies do gênero *Mimosa*, foi verificado que as menores concentrações (3,12 e 6,25%) foram mais eficientes na inibição da germinação de sementes de *Tabebuia alba*, do que extratos mais concentrados (12,5%) (PIÑA-RODRIGUES & LOPES, 2001). Variações em relação à concentração também foram verificadas por Carvalho et al. (1996). Já extratos aquosos de marmeleiro inibiram a germinação de picão preto e carrapicho com aumento da concentração (VASCONCELOS et al., 2009).

Souza Filho (2006) relatou que pode haver diferenças na habilidade de cada substância em promover inibições nos fatores analisados, também deve ser considerada a sensibilidade das espécies receptoras testadas.

Crescimento das plântulas

O comprimento de parte aérea (CPA) e (CR) das plântulas de feijão sujeitas às cinco concentrações com suas respectivas equações de regressão está apresentado na tabela 1. Para essas médias verificou-se comportamento ajustado para equação linear em função das concentrações testadas, ou seja, a resposta da concentração (x), afeta linearmente a porcentagem ou comprimento (y) da espécie alvo.

Observa-se que o comprimento de parte aérea e sistema radicular do feijão macaçar sofreram reduções com o aumento da concentração, cerca de 0,041 e 0,046 cm para o aumento de um por cento na concentração do extrato de marmeleiro (Tabela 1).

No caso do extrato da jurema preta o sistema radicular foi mais afetado do que a parte aérea. Para o aumento de um por cento na concentração do extrato houve uma diminuição de 0,057cm no CR e 0,027 cm para o CPA. Estes dados estão coerentes com os obtidos por alguns autores (FERREIRA & AQUILA 2000; SILVA, 2007).

Quando utilizada a junção destes dois extratos, verifica-se que houve uma maior redução na parte aérea em relação às raízes, diferença esta de 0,01 cm para cada um por cento de aumento da concentração.

A baixa sensibilidade do feijão aos extratos isolados não descaracteriza o potencial alelopático das espécies teste, já que a resistência a alguns metabólitos secundários considerados alelopáticos pode ser mais ou menos específica, existindo variações de sensibilidade de uma espécie para outra (ALMEIDA, 2007). Todavia, como se pode perceber, um composto que se apresenta tóxico para uma espécie pode ser inócua a outra, mesmo estando estreitamente relacionada com esta (CÂNDIDO, 2007).

Lustosa et al. (2007) observaram que o efeito alelopático foi mais drástico no vigor de plântulas de alface do que na germinação, usando-se extratos de *P. aduncum* L. e *P. tectoniifolium* Kunth.

Quanto às fontes pode-se observar que o extrato aquoso isolado de jurema preta causou inibição mais drástica para o feijão, algo em torno de 30 %, se comparado ao de marmeleiro, provavelmente pelo alto teor de tanino contido nesta espécie, considerado como alelopático (PAES et al., 2006) (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito de três fontes de extratos vegetais no comprimento de parte aérea de feijão macaçar em laboratório.

Fontes	CPA feijão (cm)
Extrato de marmeleiro	7,5 b
Extrato de jurema	5 c
Extrato de j + m	9 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Deve-se considerar, contudo, que a atividade biológica de certos aleloquímicos está associada à concentração e ao limite de resposta da espécie afetada (REIGOSA et al., 1999; ABRAHIM et al., 2000). Maighany et al. (2007), testando o potencial alelopático de extratos aquosos de *Trifolium alexandrium* sobre o comprimento radicular de quatro espécies-alvo, verificaram que a resposta das concentrações variaram em função da espécie-alvo.

A redução do comprimento radicular de espécies como o milho foi verificada por Gusman et al. (2008), a partir de 30% de concentração de extratos de *Braccharis dracunculifolia*, demonstrando que as raízes são mais sensíveis do que a parte aérea. Duke & Abbas (1996) atribuíram aos sesquiterpenos a atividade alelopática demonstradas por plantas como *Artemisia annua* L. No entanto, algumas variáveis como o comprimento radicular podem não ser afetadas pelos aleloquímicos, pois em pesquisa realizada por Vasconcelos et al. (2009) extratos aquosos de marmeleiro só interferiram no comprimento da parte aérea de carrapicho. Porém, a redução no comprimento das raízes é uma resposta de efeito alelopático, uma vez que Pires et al. (2001) considera a raiz o órgão mais sensível a esta interação.

Para todas as fontes houve diferenças significativas para comprimento radicular e se assemelharam ao comprimento de parte aérea do feijão macaçar (Tabela 5).

O extrato de jurema-preta causou o maior efeito inibitório para a espécie alvo. No entanto a junção dos

dois extratos apresentara o melhor resultado. A resposta inibitória do marmeleiro, além do tanino, pode ser atribuída à substância hidroxycumarina que é encontrada nesta espécie (LORENZI & MATOS, 2002). Ademais, outros aleloquímicos são encontrados nesta euforbiácea como monoterpenos e diterpenos e seiquiterpenos. (LORENZI & MATOS, 2002). Extratos de marmeleiro também mostraram fitotoxicidade às raízes de picão preto, em trabalhos realizados por Vasconcelos et al. (2009).

Inderjit & Dakshini (1995) consideraram que a germinação, apesar de ser uma boa característica, não é considerada o processo principal das interações alelopáticas, visto que para o caso do feijão macaçar, por exemplo, diferenças discretas no final do período de germinação foram observadas nos extratos puros. Piña-Rodrigues & Lopes (2001) relataram em seus trabalhos a falta de especificidade completa de alguns aleloquímicos, podendo uma mesma substância desempenhar várias funções, que vão depender mais de sua concentração e forma de translocação do que de sua composição química. Na determinação destas variáveis vê-se que a atividade de aleloquímicos está associada à concentração e ao limite de resposta da espécie afetada a essa concentração (REIGOSA et al., 1999).

Estudos sobre efeito alelopático com árvores brasileiras, como a aroeira, mostram que menores porcentagens de germinação são adquiridas quando somente altas concentrações de extratos aquosos são empregados, como em estudo realizado por Souza et al. (2007).

Tabela 5. Efeito de três fontes de extratos vegetais no comprimento radicular de feijão macaçar em laboratório.

Fontes	CR feijão (cm)
Extrato de marmeleiro	7,0 b
Extrato de jurema	5,1 c
Extrato de j + m	8,4 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Emergência e crescimento das plântulas em viveiro

Emergência

As porcentagens de emergência inicial (PEI), germinação final (PEF), comprimento de parte aérea (CPA) e radicular (CR) para plântulas de feijão sujeitas aos cinco níveis de concentração e três fontes de extrato

em viveiro, com suas respectivas equações de regressão e r^2 estão na tabela 6. Para essas médias verificou-se comportamento ajustado para equação linear em função das concentrações testadas.

Não houve significância para nenhum dos extratos analisados quanto à PEF. Entretanto, a espécie tem alta sensibilidade ao aumento das concentrações em todos os extratos analisados quanto a PEI (Tabela 6).

Tabela 6. Porcentagem de emergência inicial (PEI - %), final (PEF - %), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento radicular (CR) e equações de regressão para feijão em viveiro.

Fontes	Variáveis	Concentrações (%)					Equações	r ²
		0	25	50	75	100		
Marmeleiro	PEI, %	90	74	40	48	0,0	y=10,92-0,082x**	0,77
	PEF, %	91	91	43	73,8	63,8	ns	ns
	CPA, cm	13,9	10,9	5,6	5,2	3,9	ns	ns
	CR, cm	18	17	14	18	14	ns	ns
Jurema	PEI, %	90	83	64	48	12	y=10,75-0,057x**	0,87
	PEF, %	100	82,1	73,8	91	91	ns	ns
	CPA, cm	15	16,7	11,3	11,2	8,1	ns	ns
	CR, cm	18	16	16	14	15	y=17,02-0,027x**	0,55
Jurema + Marmeleiro	PGI, %	90	100	12	2	0,0	y=10,91-0,110x**	0,89
	PEF, %	100	100	49,4	56,5	30,25	ns	ns
	CPA, cm	14	12	9,5	6,5	8,6	ns	ns
	CR, cm	19	17	12	3	9	y=19,23-0,141x**	0,72

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O extrato de marmeleiro reduziu a porcentagem de emergência de plântulas de feijão macaçar em 0,082% para cada uma unidade percentual na concentração do extrato, contra 0,057% proporcionado pelo extrato da jurema. No entanto, ao se unir os dois extratos isolados a germinação inicial decresceu na ordem de 0,11% para cada um por cento aumentado na concentração.

Não houve diferença entre os extratos para a emergência final de plântulas de feijão, apesar da junção dos dois extratos ter causado efeito mais deletério. (Tabela 7 e 8).

Tabela 7. Efeito de três fontes de extratos vegetais na porcentagem de emergência inicial (PEI - %) feijão macaçar em viveiro.

Fontes	Feijão
Extrato de marmeleiro	40 ab
Extrato de jurema	55 a
Extrato de j + m	23 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8. Efeito de três fontes de extratos vegetais na porcentagem de emergência final (PEF - %) de feijão macaçar em viveiro.

Fontes	Feijão
Extrato de marmeleiro	71 a
Extrato de jurema	87 a
Extrato de j + m	64 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quando se utiliza a interação de dois extratos vegetais distintos, em que ambos possivelmente tem caráter alelopático, há de se considerar que, segundo An et al. (1993), em comunidades de plantas as inibições alelopáticas são o resultado não de um único agente químico, mas da ação de diferentes aleloquímicos. Deste

modo assumi-se que a atividade biológica de uma mistura de aleloquímicos será determinada não só apenas por sua concentração, mas também por sua interação.

As informações de alguns autores confirmam a presença de sinergismo quando da combinação entre aleloquímicos (KUBO et al., 1992; WEIDENHAMER et

al., 1994). A combinação de pares de aleloquímicos pode nos dar resultados distintos e muitas vezes a substância não promove inibições nos fatores analisados (SOUZA FILHO, 2006).

Percebe-se, então, pelos dados que houve distinções entre a germinação e emergência. Este fato pode ser explicado pela atuação de outros fatores ambientais (PIÑA-RODRIGUES & LOPES, 2001), antes controladas.

Crescimento de plântulas

Não houve significância na interação entre fontes e concentrações testadas para a variável comprimento de parte aérea na espécie alvo em estudo. Entretanto, há trabalhos que confirmaram a redução do comprimento da parte aérea de espécies sujeitas a extratos de plantas do gênero *Croton* com o aumento da concentração do extrato (THAPAR & SINGH, 2006).

Em alguns trabalhos citados por Prates et al. (2000) há relatos de que as substâncias alelopáticas devem estar em concentrações mínimas no meio para atuarem sobre organismos. Em altas concentrações pode haver disponibilidade de matéria orgânica rica em N, essencial para o crescimento das culturas, e o caráter alelopático pode ser suprimido. Isso pode explicar possíveis tendências de aumento em algumas variáveis analisadas quando a concentração é muito alta.

A resposta alelopática em campo pode ser afetada, pois a atividade biológica de um aleloquímico

pode ser reduzida ou aumentada por fatores como a ação de microrganismos, a oxidação ou outro tipo de transformação (MANO, 2006). Além disso, a produção de aleloquímico pode variar em quantidade e qualidade de espécie para espécie, na quantidade de metabólito de um local de ocorrência, uma vez que muitos deles têm suas sínteses desencadeadas por eventuais vicissitudes a que as plantas estão expostas (FERREIRA & ÀQUILA, 2000). Einhelling e Leather (1988) consideram também que a natureza e a quantidade de substâncias alelopáticas dependem, entre outros, da idade do órgão da planta, temperatura, intensidade luminosa, disponibilidade de nutrientes, atividade microbiana da rizosfera e composição dos solos em que se encontram as raízes.

Em pesquisa conduzida por Prates et al. (2000), extratos de leucena em quatro diferentes concentrações foram testadas em milho, onde um dos fatores analisados foi o comprimento de parte aérea. A mimosina, composto considerado alelopático presente na leucena, não causou danos significativos em nenhuma das concentrações. Entretanto outros autores observaram efeito tóxico, o que demonstra a complexidade ao se estudar a alelopatia.

Quanto à resposta às três fontes utilizadas o feijão macaçar demonstrou-se menos sensível ao extrato isolado da jurema preta. O comprimento da parte aérea foi reduzido em cerca de 36% quando utilizou-se o extrato isolado de marmeleiro em relação ao da jurema-preta (Tabela 9).

Tabela 9. Efeito de três fontes de extratos vegetais no comprimento de parte aérea (CPA - cm) de feijão macaçar em viveiro.

Fontes	Feijão
Extrato de marmeleiro	8 b
Extrato de jurema	13 a
Extrato de j + m	10 ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os maiores prejuízos ao sistema radicular foram verificados quando estas são sujeitas às concentrações do extrato da jurema-preta mais marmeleiro. Para cada unidade percentual aumentada na concentração há um decréscimo de cerca de 0,14 cm no comprimento radicular. Assim, Souza Filho (2000) comentou que pode haver sinergismo entre os compostos isolados (Tabela 6).

Quanto às fontes utilizadas para a variável comprimento radicular observa-se que não houve diferenças entre os compostos isolados, porém a junção dos extratos tornou-se mais deletéria às suas raízes. Neste caso, as raízes diminuíram seu comprimento em cerca de

25% em relação aos resultados obtidos para os extratos isolados. Uma explicação condizente para este fato pode ser descrito através de um dos diagramas teóricos proposto por Souza Filho (2006) para a combinação de pares de aleloquímicos. Admitindo essa hipótese como verdadeira, pode-se confirmar que houve sinergismo entre o extrato da jurema-preta e o do marmeleiro para a variável utilizada (CR) (Tabela 12). Compostos químicos como os monoterpenos, presentes no marmeleiro foram responsáveis pelos efeitos fitotóxicos nas sementes e vigor em plantas de alface, em trabalhos realizados por Alves et al. (2004).

Tabela 12. Efeito de três fontes de extratos vegetais no comprimento radicular (CR - cm) de milho e feijão macaçar em viveiro.

Fontes	Feijão
Extrato de marmeleiro	16 a
Extrato de jurema	16 a
Extrato de j + m	12 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na determinação das variáveis analisadas vê-se que a atividade de aleloquímicos está associada à concentração e ao limite de resposta da espécie afetada a essa concentração (REIGOSA et al., 1999).

Com base nos resultados encontrados sugere-se que *C. sonderianus* e *M.tenuiflora* são uma fonte de aleloquímicos e que sua presença deve ser observada com cautela em sistemas agroflorestais. No entanto, mais estudos são necessários para identificar outras espécies que sejam sensíveis ao marmeleiro, bem como se esta espécie pode ter ou não algum efeito alelopático sobre as culturas a serem implantadas.

CONCLUSÃO

O feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) mostrou-se sensível aos extratos aquosos da parte aérea de *C. sonderianus* e *M. tenuiflora*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraham, D.; Braguini, W.L.; Kelmer-Bracht, A.M.; Ishii-Iwamoto, E.L. Effects of four monoterpenes on germination, primary root growth and mitochondrial respiration of maize. **Journal Chemical Ecology**, New York, v.26, n. 3, p.611-624, 2000.

Albuquerque, M.B.; Vasconcelos, F.M.T.; Melo Filho, P.A.; Santos, R.C. Potencial alelopático dos resíduos de *Croton sonderianus* sobre três ervas daninhas da cultura do algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2009. p.1762-1767.

Almeida, F.S. **A alelopatia em plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. v.55. 62p. (Circular, 53).

Almeida, O.S. **Biologia floral, tendências reprodutivas e efeito alelopático da tulase (*Ocimum sanctum* L.)**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2007. 90p. Dissertação Mestrado.

Alves, M.C.S.; Filho, S.M.; Innecco, R.; Torres, S.B. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes a no comprimento da raiz de alface. **Pesquisa**

Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.11, p.1083-1086, 2004.

An, M.; Hohnson, I.R.; Lovett, J.V. Mathematical modeling allelopathy - biological response to allelochemicals and its interpretation. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.19, n.10, p.2379-2388, 1993.

Assistat. Assistência Estatística, 7.5 beta, 2009.

Brasil. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas: 1961-1990**. Brasília: Embrapa - SPI. 1992a. 84p.

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992b. 365p.

Benicasa, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. p.42.

Cândido. A.C.S. **Potencial Alelopático da parte aérea de *Senna occidentalis* (L.) Link (Leguminosae, Caesalpinioideae)**: bioensaios em laboratório e casa de vegetação. Campo Grande: UFMS, 2007. 99p. Dissertação Mestrado.

Carvalho, G.J.; Andrade, L.A.B.; Gomide, M.; Figueiredo, P.A.M. Potencialidades alelopáticas de folhas verdes + ponteiros de cana de açúcar em diferentes diluições de matéria seca, na germinação de sementes de alface. **Revista Ciências**, Marília, v.5, n.2, p.19-24, 1996.

Carvalho, F.C; Araújo Filho, J.A.; Garcia, R.; Pereira Filho, J.M.; Albuquerque, V.M. Efeito do corte da parte aérea na sobrevivência do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.3, p.930-934, 2001.

Cruz, M.E.S.; Nozaki, M.H.; Batista, M.A. Plantas medicinais e alelopatia. **Biociência**. **Ciência e desenvolvimento**, Brasília, n.15, p.28-34, 2000.

Duke, S.O; ABBAS, H.K. Natural products with potential use as herbicides. In: NARWAL, S.S.; TAURO, P.

- Allelopathy in pest management for sustainable agriculture. **Scientific publisher Jodhpur**, India.1996. 268p.
- Einhellig, F.A.; Leather, G.R. Potentials for exploiting allelopathy to enhance crop production. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.14, n.10, p.1829-1844, 1988.
- Ferreira, A.G.; Áquila, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.12, edição especial, p.175-204, 2000.
- Gusman, G.S.; Bittencourt, A.H.C.; Vestena, S. Alelopatia de *Braccharis dracunculifolia* DC. Sobre a germinação e crescimento de espécies cultivadas. **Revista Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v.30, n.2, p.119-125, 2008.
- Inderjit, S; Dakshini, K.M.M. On laboratory bioassays in allelopathy. **Botanical Review**, Bronx, v.61, n.1, p.28-44, 1995.
- Jacobi, U.S.; Ferreira, A.G. Efeitos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* (DC) OK. sobre espécies cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,v.26, n.7, p.935-943, 1991.
- Kubo, I; Muroi, H.; Himejina, M. Antimicrobial activity of Green tea flavor components and their combination effect. **Journal Agricultural Food Chemical**, Washington, v.40, n.1, p.245-248, 1992.
- Labouriau, L.G.; Valadares,M.B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.48, n.2, p.263-284, 1976.
- Lima, C.; Pereira, L.M.; Mapeli, M.C. Potencial alelopático de crotalária, feijão-de-porco e gergelim na germinação e vigor de picão-preto. Resumos do V CBA - Manejo de Agroecossistemas Sustentáveis. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.1175-1178, 2007.
- Lorenzi, H.; Matos, F.J.A. **Plantas Medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum de estudos da flora, 2002. 207p.
- Lustosa, F.L.F.; Oliveira, S.C.C.; Romeiro, L.A. Efeito alelopático de *Piper aduncum* L. e *Piper tectoniifolium* Kunth na germinação e crescimento de *Lactuca sativa* L. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, Nota Científica, v.5, supl. 2, p.849-851, 2007.
- Maighany, F.; Khalghni, J.; Baghestani, M. A.; Najafpour, M. Allelopathic potential of *Trifolium resupinatum* L. (Persian clover) and *Trifolium alexandrinum* L. (Berseem clover). **Weed Biology and Management**, Morioka, v.7, n.3, p.178-183, 2007.
- Mano, A.R.O. **Efeito alelopático do extrato aquoso de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* S.) sobre a germinação de sementes, crescimento e crescimento de plântulas de alface, picão-preto e carrapicho**. Fortaleza: UFC, 2006. 102p. Dissertação Mestrado.
- Muniz, F.R.; Cardoso, M.G.; Pinho, E.V.R.V.; Vilela, M. Qualidade fisiológica de sementes de milho, feijão, soja e alface na presença de extrato de tiririca. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.29, n.2, p.195-204, 2007.
- Paes, J.B.; Diniz, C.E.F.; Marinho, I.V. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. **Cerne**, Lavras, v.12, n.3, p.232-238, 2006.
- Pereira, B.F.; Sbrissia, A.F.; Serrat, B.M. Alelopatia intra-específica de extratos aquosos de folhas e raízes de alfafa na germinação e no vigor de plântulas de dois materiais de alfafa: crioulo e melhorado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.61-564, 2008.
- Periotto, F.; Perez, S.C.J.G.A.; Lima, M.I.S. Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. Ex Benth na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L e *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.18, n.3, p.425-430, 2004.
- Piña-Rodrigues, F.C.M.; Lopes, B.M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpiniaefolia* Bent. sobre sementes de *Tabebuia Alba* (cham) sandw. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.8, n.1, p.130-136, 2001.
- Pires, N.M.; Prates, H.T.; Pereira Filho, I.A.; Oliveira Júnior, R.S.; Faria, T.C.L. Atividade Alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.61-65, 2001.
- Poser, G.L.; Menut, C.; Toffoli, M.E.; Sobral, M.; Bessiere, J.M.; Lamaty, G.; Henriques, A.T. Aromatic plants from Brazil: 4. Essential oil composition and allelopathic effect of the Brazilian Lamiaceae *Hesperozygis ringens* (Benth.) Epling and *Hesperozygis rhododon* Epling. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.44, n.7, p.1829-1832, 1996.
- Prates, H.T.; Paes, J.M.V.; Pires, N.M.; Pereira Filho, I.A.; Magalhães, P.C. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no crescimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,v.35, n.5, p.909-914, 2000.

- Putnam, A R.; Duke, W.B. Allelopathy in agroecosystems. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v.16, p.431-51, 1978.
- Queiroz, L.P. **Leguminosas da caatinga**. Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2009. 443 p.
- Reigosa, M.J.; Sánchez-Moreiras, A.; González, L. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Flórida, v.18, n.5, p.577-608, 1999.
- Silva, F.M.; Aquila, M.E.A. Contribuição ao estudo do potencial alelopático de espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p.547-555, 2006.
- Silva, W.A. **Potencial alelopático de extratos do cumaru**(*Amburana cearensis* A.C. Smith) e da **jurema-preta** (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir) na germinação e crescimento do sorgo(*Sorghum bicolor* L.), milho (*Zea mays* L) e feijão guandu (*Cajanus cajan* L.). Patos: UFCG, 2007. 62p. Dissertação Mestrado.
- Souza, C.S.M.; Silva, W.L.P; Guerra, A.M.N.M.; Cardoso, M.C.R.; Torres, S.B. Alelopatia do extrato aquoso de folhas de aroeira na germinação de sementes de alface. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Mossoró, v.2, n.2, p.96-110, 2007.
- Souza Filho, A.P.S.; Alves, S.M.; Figueiredo, F.J.C. Efeitos alelopáticos do calopogônio em função da sua idade e da densidade de sementes da planta receptora. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.211-218, 2003.
- Souza Filho, A.P.S. Proposta metodológica para análise da ocorrência de sinergismo e efeitos potencializadores entre aleloquímicos. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.3, p.607-610, 2006.
- Thapar, R.; Singh, N.B. Effects of leaf-residues of *Croton bonplandianum* on growth and metabolism of *Parthenium hysterophorus* L. **Allelopathy Journal**, Allahabad, v.18, n.2, p.255-266, 2006.
- Vasconcelos, F.M.T.; Albuquerque, M.B.; Melo Filho, P.A.; Santos R.C. Ação alelopática de extratos aquosos de *Croton Sonderianus* sobre a germinação e crescimento de duas espécies daninhas do algodoeiro. VII Congresso Brasileiro do Algodão. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2009. p.1775-1780.
- Weidenhamer, J.D.; Menelaou, m.; Macias, f.a.; Fischer, n.h.; Richardson, d.r; Williamson, g.b. allelopathic potential of menthofuran monoterpenes from *Calamuntha ashei*. **Journal Chemical Ecology**, New York, v.20, n.2, p.3345-359, 1994.
- Xuan, T.D.; Tawata, S.; Khanh, T. D.; Chung, I.M.; Decomposition of allelopathic plants in soil. **Journal Agronomy and Crop Science**, Berlim, v.191, n.3, p.162-171, 2005.

Recebido em 05 10 2011

Aceito em 21 02 2012