



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS CHAPECÓ

CURSO DE AGRONOMIA

VENICIUS LUDWIG

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE CAPIM CITRONELA NO CONTROLE DE ERVAS
DANINHAS**

**CHAPECÓ
2022**

VENICIUS LUDWIG

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE CAPIM CITRONELA NO CONTROLE DE ERVAS
DANINHAS**

**Trabalho de conclusão de curso de
graduação apresentado como requisito
para obtenção de grau de Bacharel em
Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul.**

Orientador Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi.

**CHAPECÓ
2022**

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS

Ludwig, Venicius

Potencial alelopático de capim citronela no controle de ervas daninhas / Venicius Ludwig. -- 2022.
26 f.

Orientador: Doutor Siumar Pedro Tironi

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Chapecó, SC, 2022.

1. Cymbopogon nardus. 2. Bidens pilosa. 3. Digitaria insularis. I. Tironi, Siumar Pedro, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

VENICIUS LUDWIG

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DE CAPIM CITRONELA NO CONTROLE DE ERVAS
DANINHAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 11/08/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi – UFFS
Orientador

Prof. Dr. Samuel Mariano Gislon da Silva – UFFS
Avaliador

Prof^a. Dr^a. Fabiana Maria de Siqueira Mariano da Silva – UFFS
Avaliadora

Resumo

A alelopatia pode ser uma importante ferramenta no manejo sustentável de plantas daninhas, com o uso de espécies alelopáticas diretamente nas áreas agrícolas ou com a aplicação de produtos derivados dessas espécies. Nesse sentido, objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito alelopático de extrato aquoso, alcoólico e óleo essencial de citronela (*Cymbopogon nardus*) aplicados sobre plântulas de capim amargoso (*Digitaria insularis*) e picão preto (*Bidens pilosa*). Foram conduzidos dois ensaios, um com uso de extrato aquoso e outro com óleo essencial da espécie doadora. O delineamento experimental foi completamente casualizado com quatro repetições. Os experimentos foram alocados em esquema fatorial, nos ensaios com óleo essencial os fatores foram das doses (0, 1, 3 e 6% do óleo essencial) e as espécies alvo (picão preto e capim amargoso), já para os extratos os fatores foram às doses (0, 10, 30, 60% do extrato) e os tipos de extrato (aquoso e alcoólico). As espécies alvo foram cultivadas em substrato em câmaras de crescimento, os compostos foram aplicados quando as plântulas apresentaram entre duas a três folhas desenvolvidas, com pulverização. Nos ensaios com sementes, as sementes foram postas para germinar em papel e umedecidos com os compostos (óleo essencial ou extratos). Foram avaliadas a fitotoxicidade e comprimento de plântulas e potencial de germinação. O óleo essencial e extratos de citronela não causam danos em plântulas de picão preto e capim amargoso em aplicação foliar, mas causa inibição da germinação dessas espécies, podendo chegar a inibição de 100% da germinação nas maiores doses do óleo essencial.

.Palavras-chave: *Cymbopogon nardus*, *Bidens pilosa*, *Digitaria insularis*

Abstract

Allelopathy can be an important tool in the sustainable management of weeds, with the use of allelopathic species directly in agricultural areas or with the application of products derived from these species. In this sense, this project aimed to evaluate the allelopathic effect of aqueous extract and citronella (*Cymbopogon nardus*) essential oil applied to seedlings of sourgrass (*Digitaria insularis*) and beggartick (*Bidens pilosa*). Two tests will be conducted, one using aqueous extract and the other using essential oil from the donor species. The experimental design will be completely randomized with four replications. The experiments will be allocated in a 2x4x2 factorial scheme, the first factor will be composed of the allelopathic species (citronella), the second by the doses of the compounds (0, 1, 3 and 6% of the essential oil or 0, 10, 30, 60% for the aqueous extract) and the third factor will be composed of the target species (sourgrass and beggartick). The target species will be grown on substrate in growth chambers, the compounds will be applied when the seedlings have between two to three developed leaves, with spraying. Seedling mortality, phytotoxicity, height and dry mass will be evaluated seven days after application. Both aqueous extracts and essential oils from both donor species are expected to cause control of target species.

Keywords: *Cymbopogon nardus*, *Bidens pilosa*, *Digitaria insularis*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVO	6
2.1 Objetivo geral	6
2.2 Objetivo específico	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1 Obtenção dos extratos e óleos essenciais	12
4.2 Tratamentos	12
4.3 Avaliação da toxicidade em plântulas	13
4.4 Avaliação de toxicidade em sementes	14
4.4 Análise estatística	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5.1. Óleo essencial	15
5.2. Extratos aquosos e alcoólicos	17
6. CONCLUSÃO	23

1. INTRODUÇÃO

A produtividade de uma cultura pode ser limitada por diversos fatores, que podem ser divididos em fatores bióticos e abióticos. Um dos fatores bióticos que interferem são as plantas daninhas, espécies espontâneas que podem comprometer a produção das culturas agrícolas. Essas plantas competem com as culturas de interesse, por água, luz, dióxido de carbono e nutrientes, reduzindo a sua disponibilidade no solo (BIANCHI, 1995).

Uma agricultura mais sustentável sugere que o controle de espécies de plantas daninhas seja realizado com o menor impacto ambiental possível. Dessa maneira, há a necessidade de buscar alternativas para o manejo químico, que é o mais utilizado atualmente, porém sua utilização com grande frequência pode acarretar em problemas ambientais e na saúde humana (MONQUERO, 2014).

Na busca para minimizar os efeitos nocivos dos agrotóxicos, mais pesquisas com foco em alternativas envolvendo substâncias naturais, como extratos de plantas e óleos essenciais, para o controle de plantas daninhas têm sido realizadas (OLIVEIRA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2017). Moura, *et. al* (2013) destaca que saber os efeitos alelopáticos e a interação entre as plantas, é fundamental para que se possa desenvolver métodos alternativos com maior sustentabilidade.

A alelopatia é um método ecológico de grande importância, tem como objetivo mudar o cenário atual presente na agricultura, que baseia-se na utilização de agroquímicos sintéticos no controle de plantas daninhas para uma forma alternativa sustentável que também consiga controlar (SCRIVANTI *et al.*, 2003)

A alelopatia interfere nas outras plantas liberando compostos que atuam prejudicando o crescimento, afetando o desenvolvimento e também diminuindo o potencial germinativo dessas plantas (MANO, 2006). A interação química exercida por uma planta sobre a germinação ou desenvolvimento de outra, pode ser uma grande aliada para o controle de plantas daninhas em sistemas de base ecológica (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

Dentre as espécies que apresentam grande capacidade de produção de compostos alelopáticos, destaca-se a citronela (*Cymbopogon nardus*), que produz compostos que promovem intoxicação de plantas, e apresentam potencial de uso como bioherbicida (OOTANI *et al.*, 2010).

A avaliação da atividade alelopática pode ser realizada com a utilização de extratos dos tecidos das plantas, através do uso de vários solventes (metanol, água entre outros) ou com a extração dos óleos essenciais das plantas potencialmente alelopáticas que apresentam esses óleos em boa quantidade (LIMA e MORAIS, 2008; SOAREA e BONATO, 2015).

A utilização de compostos extraídos de plantas doadoras e a sua aplicação em outras espécies, pode se apresentar como uma alternativa viável no controle de plantas daninhas, utilizando os compostos como bioherbicida. Efeito observado quando utilizado extrato de semente de nim (*Azadirachta indica*) para a ação como bioherbicida na germinação e desenvolvimento da radícula de espécies daninhas (SOUZA *et al.*, 2009).

Quando utilizada em consórcio com as plantas de interesse, sendo essas aquelas que não são afetadas pelos efeitos das plantas alelopáticas, a alelopatia pode contribuir de maneira eficaz para conter o crescimento de plantas nocivas à cultura de interesse. Em campo, normalmente se encontra o efeito da alelopatia sobre a germinação e a infestação de plantas daninhas, mas geralmente não se sabe o modo de ação, se tem interação química, pela ação inibitória de algumas substâncias, ou física, pela produção de muita fitomassa, ou ainda se ocorre interação das duas maneiras (FONTANÉTTI *et al.*, 2004; MORAES *et al.*, 2009).

O conhecimento dos efeitos alelopáticos de espécies vegetais permite seu aproveitamento em sistemas de rotação ou consorciação com culturas, no contexto do manejo integrado de plantas daninhas, com o objetivo de buscar o manejo sustentável do agroecossistema.

Com isso buscou se nesse trabalho avaliar a extração do óleo essencial, extrato aquoso e extrato alcoólico de capim citronela (*Cymbopogon nardus*) para posterior aplicação em diferentes dosagem em plantas daninhas das espécies de capim amargoso (*Digitaria insularis*) e picão preto (*Bidens pilosa*), visando avaliar o seu potencial alelopático como bioherbicida.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito alelopático de capim citronela em plântulas e sementes de

capim amargoso (*Digitaria insularis*) e picão preto (*Bidens pilosa*).

2.2 Objetivo específico

- Quantificar as doses de óleo essencial de citronela que causam o controle de 50% da população de plântula de capim amargoso e do picão preto;
- Avaliar o efeito das doses do extrato aquoso, alcoólico e óleo essencial de citronela no controle da germinação de capim amargoso e picão preto;
- Verificar qual fase das plantas daninhas os métodos de controle apresentam um melhor desempenho .

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As plantas daninhas são conhecidas por causar danos e interferências negativas nas lavouras, como aumento no custo de produção, dificuldade na colheita, perda da qualidade do produto e hospedagem de pragas e doenças, essas são algumas causas indiretas. Já as causas diretas pode se citar a perda na produção, que em casos que não há intervenção com controle pode se chegar em até 90% da produção, mas as perdas giram em torno dos 13 a 15% (EMBRAPA, 2021), em uma agricultura com margens cada dia menores, qualquer perda acarreta em diminuição dos lucros.

O método de controle mais utilizado pelos produtores de grão é o controle químico, com uso de herbicidas, por apresentar facilidade de aplicação, baixo custo e uma alta eficiência (MONQUERO, 2014). Mas a utilização de manejos químicos vem apresentando problemas para o meio ambiente e também para a saúde do homem, havendo a necessidade de encontrar métodos menos prejudiciais de controle das plantas daninhas.

Uma alternativa é utilizar compostos naturais como o controle de plantas daninhas, com o uso de compostos alelopáticos, que são encontrados facilmente em vegetais. Alguns desses compostos apresentam efeitos tóxicos comprovados em outras plantas, mas sendo seletivos às espécies produtoras, assim podendo se estudar os componentes químicos envolvidos no processo tóxico, para a geração de bioherbicidas, menos agressivos ao meio ambiente (PIRES; OLIVEIRA, 2011) torna-se uma ótima alternativa.

Os tratos culturais, com a utilização de formas alternativas como a alelopatia, pode ser uma forma eficiente e menos danosa ao meio ambiente no controle das plantas daninhas. A alelopatia utiliza processos metabólitos secundários que são produzidos por plantas, algas, bactérias e fungos que influenciam o crescimento e desenvolvimento de sistemas biológicos (ANAYA, 1999), que podem ser de plantas consideradas daninhas.

As substâncias metabólitos secundárias podem apresentar uma reação química entre as plantas e o ambiente. Assim, conforme as condições que a natureza proporciona no ambiente, as espécies vegetais poderão sintetizar diferentes compostos devido a interferência do ambiente no redirecionamento de rotas metabólicas (GOBBO NETO & LOPES, 2007).

A alelopatia pode ter efeito positivo e negativo de interferência, o efeito positivo pode ser a promoção de germinação, como o capim cidreira (*Cymbopogon citratus*) que auxilia na germinação das sementes do freijó (*Cordia goeldiana*). Já o efeito contrário, o negativo pode ser a alteração do desenvolvimento da planta, um exemplo é o manjeriço (*Ocimum basilicum*), que seu óleo essencial causa mau desenvolvimento das cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*), alface (*Lactuca sativa*) e melissa (*Melissa officinalis*) (RODRIGUES, 2016)

Sabe-se que os compostos que têm eficiência alelopática tem uma grande importância para as plantas na proteção contra herbívoros, infecções de microorganismos, atrativos de polinizadores, também atuam na competição entre plantas e na simbiose planta microrganismo (TAIZ & ZEIGER, 2013). As plantas podem acumular substâncias com eficiência alelopática por todas as partes vegetais, tendo um maior acúmulo nas folhas e sua liberação através das raízes, pelos processos de exsudação, lixiviação ou volatilização (MONQUERO *et al.*, 2014).

Os danos perceptíveis nas plântulas são ações secundárias de acontecimentos anteriores em níveis celulares e moleculares. Os aleloquímicos efetuam maior interferência no crescimento da plântula do que na germinação da mesma. Porém na germinação é muito mais fácil de quantificar se ela germina ou não germina. Mas nas plântulas pode acarretar em anormalidades como o necrosamento da radícula, sendo o principal sintoma (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

Uma série de compostos secundários foram analisados para ver o potencial alelopático, em que um dos elementos identificados com potencial alelopático foi o sesquiterpenos, ao observar seu efeito no crescimento das plantas, atuando como herbicida (CANTRELL *et al.*, 2007). Um dos metabólitos secundários que têm potencial alelopático por inibir o crescimento de vegetais é o óleo essencial.

Óleos são substâncias químicas que atuam como mecanismos de autodefesa e também de atrativos para polinizadores (TAIZ & ZEIGER, 2013). A sua constituição é formada por diversos compostos de diferentes grupos químicos, sendo mais encontrados e extraídos de plantas aromáticas.

Os aleloquímicos agem normalmente nos processos metabólicos primários das plantas alvo e nos sistemas de crescimento. Interferindo assim nas atividades vitais das plantas como a fotossíntese, assimilação de nutrientes e respiração (PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Entre os óleos utilizados, se destaca o óleo de citronela (*Cymbopogon*

nardus), que apresentou uma potencialidade alelopática na germinação de sementes de feijão, que teve diferentes desempenhos conforme a dosagem utilizada (XAVIER *et al.*, 2012).

Alguns dos compostos encontrados nos óleos essenciais de citronela possuem a capacidade de inibir a germinação e dificultar o crescimento da planta (SOUZA *et al.*, 2009). Os terpenóides são bastante presentes no óleo essencial, na planta de citronela, seus compostos terpenóides mais abundantes são o citronelal e o citronelol. O citronelal compõe cerca de 40% do óleo essencial de citronela, o resto é formado por quantidades menores de geraniol, citronelol e estéreis (DA SILVEIRA, 2016). O citronelal é utilizado na composição de alguns compostos químicos, que são as iononas, que são precursores e sintéticos para a produção de vitamina A (VELOSO, 2012).

Além desse óleo apresentar capacidade como repelente de insetos, também apresenta potencial como fungicida e bactericida, tem uma vasta utilização na fabricação de perfumes e cosméticos (VELOSO, 2012).

Os resultados obtidos na germinação como na emergência sugerem que é possível o uso prático do citronelol como bioherbicida. Entretanto, na pós germinação as doses mais altas apresentaram uma maior eficiência do que na germinação propriamente dita (SOARES; BONATO, 2015).

O controle de algumas espécies de plantas daninhas com o óleo essencial de citronela se apresenta bem eficiente, com uma rápida resposta de controle, no entanto a espécies que apresentam mais resistência rebrotamento após a primeira aplicação e então se faz necessário uma segunda aplicação (CLAY *et al.*, 2005), sendo necessário fazer testes com diferentes espécies daninhas para avaliar os efeitos desses compostos no manejo.

Outro método de estudo dos efeitos alelopáticos é com a utilização dos extratos aquoso e/ou alcoólicos com os tecidos da planta potencialmente alelopática. Um exemplo, pode ser o estudo desenvolvido com folhas de *Ipomoea fistulosa*, em que o extrato aquoso inibiu a germinação e o crescimento de plântulas de alface e tomate. Além disso, constatou-se que a alface apresentou uma maior suscetibilidade à inibição do crescimento em comparação ao tomate (LIMA & MORAIS, 2008).

Diferentes partes das plantas apresentam potencial para fabricar o extrato, que pode ser realizado com a parte aérea e/ou radicular como já visto em *Caesalpineia ferrea*, em que os extratos de diferentes partes da planta apresentam

atividade alelopática inibindo o desenvolvimento de plântulas de alface (OLIVEIRA et al., 2012)

O ambiente pode ter influência sobre os compostos alelopáticos, como percebido no *Cymbopogon citratus* (capim limão) que teve maior rendimento de óleo essencial quando cultivado em consórcio, com temperaturas e umidades elevadas e coletas matutinas. Tendo em vista que esses fatores também irão influenciar na quantidade de óleo essencial gerado (SANTOS *et al.*, 2009).

A maioria dos estudos com avaliação de efeitos alelopáticos de extratos ou óleos essenciais sobre plantas daninhas são avaliados na germinação e não no controle de plântulas, considerando que a época em que geralmente é realizado o controle é após a emergência das espécies daninhas. Nesse sentido, se faz necessária a realização de estudos dos efeitos de compostos alelopáticos sobre plântulas das espécies daninhas, para avaliar os efeitos dos óleos essenciais nesse período inicial.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos laboratórios de Bromatologia e laboratório de Sementes e Grãos da Universidade Federal da Fronteira Sul UFFS, campus Chapecó.

4.1 Obtenção dos extratos e óleos essenciais

Folhas da espécie doadora, citronela (*Cymbopogon nardus*) foram coletadas na primeira hora da manhã, de plantas localizadas na área experimental da UFFS, campus Chapecó. Foram coletadas 1000 g de folhas.

As folhas coletadas foram picadas e posteriormente, 500 g foram utilizadas para extração de óleo essencial em balão de capacidade de 5 L, associado ao hidroddestilador modelo Clevenger (arraste de vapor), a extração foi realizada por duas horas após o início da fervura (CASTRO e RAMOS, 2006).

Após o período de extração o hidrolato foi retirado, de junto da água, com o auxílio de uma micropipeta, posteriormente foi desidratado com sulfato de sódio anidro, com objetivo de evitar perdas por hidrólise durante o armazenamento. O óleo foi acondicionado em frasco coberto com papel alumínio e mantido refrigerado a temperatura de, aproximadamente, a -5 °C.

Os extratos da espécie doadora foram produzidos com as folhas frescas, logo depois da colheita. Duzentos gramas de folhas foram imersas em 800 mL de água destilada ou etanol, e posteriormente trituradas em liquidificador, o extrato permaneceu por 48 horas no escuro. Posteriormente foi realizada a filtragem da solução.

O extrato aquoso foi armazenado e essa concentração foi considerada como de 100%, posteriormente foi realizadas as diluições conforme tratamento. O extrato alcoólico (etanol) foi concentrado em rota-evaporadora, sob temperatura de 40 °C e pressão negativa, até a obtenção de solução pastosa. O volume de extrato, antes da concentração e depois da concentração, foi quantificado, estabelecendo assim a concentração do extrato pastoso no extrato alcoólico bruto, estabelecendo a dose de 100%.

4.2 Tratamentos

Foram conduzidos vários experimentos com diferentes compostos produzidos com as plantas doadoras, óleo essencial e extrato aquoso e alcoólico, aplicados

sobre plântulas e sementes das espécies daninhas. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Os experimentos foram alocados em esquema fatorial, da seguinte forma:

- Óleo essencial – fatorial 4x2: o primeiro fator foi composto por doses, sendo de 0, 1, 3 e 6% do óleo essencial; e o segundo fator composto pelas espécies alvo, capim amargoso (*Digitaria insularis*) e picão preto (*Bidens pilosa*) (dois ensaios em plântulas e sementes);

- Extratos - fatorial 4x2: o primeiro fator foi composto pelas doses, de 0, 1, 3 e 6% do extrato; e o segundo fator composto pelos tipo de extrato, aquoso ou alcoólico (quatro ensaios, em plântulas e sementes de capim amargoso e picão preto).

Foram utilizados os mesmos tratamentos para aplicação foliar (em plântulas) ou em sementes.

4.3 Avaliação da toxicidade em plântulas

Sementes de capim amargoso (*Digitaria insularis*) e picão preto (*Bidens pilosa*) foram semeadas em caixas plásticas do tipo “gerbox”, com dimensões de 11x11x8 cm (CxLxA) preenchidas com mistura de substrato comercial e areia (50/50%).

As caixas foram mantidas em sala de germinação a temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas e irrigação periódica do substrato. No momento em que as plântulas encontravam-se no estágio de duas a três folhas foi realizado o desbaste das mesmas, deixando quatro plântulas em cada caixa, todas no mesmo estágio de desenvolvimento. Logo após o desbaste foram realizadas as aplicações dos extratos e óleos essenciais com auxílio de um borrifador manual, com formação de pequenas gotas (aproximadamente 200 µm de diâmetro), com boa cobertura de gotas sobre as folha, evitando escorrimento da calda. A dose utilizada foi de 1 mL de calda por unidade experimental, nas concentrações conforme cada tratamento.

Antes da aplicação os óleos essenciais e os extratos alcoólicos concentrados foram formulados, para realizar a mistura com a água. Para isso os óleos essenciais e extratos concentrados foram inicialmente dissolvidos em volume de 3% de MeOH e 1% de Tween-80, após essa pré-mistura foi adicionada água destilada até completar 100% da solução final. Desse modo os óleos e extratos foram bem homogeneizados na solução final.

Foram realizadas avaliações de fitointoxicação visual aos sete e 14 dias após aplicação dos tratamentos (DAT), com notas variando de 0 (ausência de sintomas) a 100% (morte da planta). Aos 14 DAT as plântulas foram quantificadas e arrancadas. Foram avaliados o comprimento das plantas, com a medida da ponta da raiz mais longa até o ponto de crescimento. As plantas foram alocadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, a 60 °C até obter massa constante, para determinação da massa seca das plântulas (g planta^{-1}).

4.4 Avaliação de toxicidade em sementes

Foram conduzidos ensaios utilizados os mesmos óleos e extratos e suas respectivas doses, como já descrito.

Antes dos testes as sementes de picão preto e capim amargoso foram submetidas a variação de temperatura, com aquecimento em água a 50 °C por um minuto e refrigeração, a 2 °C por 7 dias, na tentativa de realizar a superação da dormência das sementes. As sementes utilizadas foram coletadas na área experimental da UFFS, *campus* Chapecó, e foram coletadas 3 meses antes da realização dos testes.

O teste germinação foi utilizado com quatro repetições de 50 sementes. Os testes foram realizados em caixas do tipo “gerbox”, contendo duas folhas de papel para germinação. O papel foi, inicialmente umedecido com a quantidade de 2,5 seu próprio peso com as soluções de óleo essencial ou extrato aquoso ou alcoólico, conforme cada ensaio e tratamento.

Posteriormente, 50 sementes da espécie daninha (picão preto ou capim amargoso) foram dispostas sobre o papel umedecido. Então as caixas “gerbox” foram alocadas em germinador a 25° C e fotoperíodo de 12 horas.

Foram realizadas avaliações de germinação em duas épocas, aos sete e 14 dias após a semeadura sendo quantificada a germinação de sementes, considerando a protrusão da radícula (BRASIL, 2009). Na avaliação aos sete dias após a emergência não foi constatada germinação, desse modo, foram processados somente os dados obtidos na avaliação as 14 dias após a semeadura. Para efeito de comparação, a germinação observada no tratamento testemunha foi considerado como 100%, e a germinação nos demais foi considerados os valores proporcionais à testemunha.

Aos 14 dias após a semeadura foi realizada a medida do comprimento das plântulas, (comprimento da raiz e da parte aérea), com uso de uma régua milimétrica.

4.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de homocedasticidade e a normalidade, em que para os preceitos não atendidos, os dados foram submetidos para transformação pela equação arco seno \sqrt{x} (SOUZA et al., 2009). Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância, pelo teste F, e as médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste Tukey e as quantitativas por regressão ($p \leq 0,05$) utilizando o software estatístico R.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Óleo essencial

a) Óleos essenciais aplicados via foliar

Os óleos essenciais não apresentaram efeito sobre as plântulas, com aplicação foliar. Não foram observadas interferências nas avaliações de fitotoxicidade ou no comprimento das plantas (Tabela 1). Esses resultados sugerem que esses óleos não possuam compostos tóxicos ou que os mesmos não apresentam capacidade de penetrar no tecido das plantas, em aplicação foliar.

A diferença observada no tamanho entre a plântula das diferentes espécies de plantas daninhas, está relacionada a sua morfologia e fisiologia, características das próprias espécies, que são de famílias botânicas diferentes.

São escassos os estudos com aplicação foliar de óleos essenciais com objetivos de causar danos às plantas. Acredita-se que os óleos essenciais, por apresentarem características lipofílicas, possam ser absorvidos pela superfície foliar. Se alguns compostos presentes nesses óleos causam danos às plantas, esses poderiam ser observados nas folhas, o que não ocorreu nesse estudo.

Tabela 1. Fitotoxicidade (FITO) aos 7 e 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAP) e comprimento de plântulas (CP) de capim amargoso e picão preto em função da aplicação de doses de óleo essencial de citronela.

Doses de óleo (g L ⁻¹)	Óleo de citronela		
	FITO 7 DAA	FITO 14 DAA	CP (cm)
0	0,00 a ¹	0,00 a	8,87 a
10	0,00 a	0,00 a	8,06 a
30	0,00 a	0,00 a	8,31 a
60	0,00 a	0,00 a	7,15 a
Espécie			
Capim amargoso	0,00 a	0,00 a	6,35 b
Picão preto	0,00 a	0,00 a	9,86 a
CV (%)	0,00	0,00	22,4

¹ Médias seguidas por letras iguais, dentro de cada fator, não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

c) Óleos essenciais aplicados nas sementes

No teste realizado com as sementes das plantas daninhas observou-se controle da germinação com aplicação de qualquer dose do óleo de citronela nas duas espécies (Tabela 2). O que demonstra o potencial tóxico desse óleo sobre outras plantas (OOTANI et al., 2010).

Em estudo realizado por Brito *et al.* (2012), foi observado sintomas de murcha, tombamento, necrose e secamento total das plantas de milho com a aplicação de óleo essencial de citronela, com uso de doses muito superiores das utilizadas neste estudo.

O óleo essencial de citronela causou a inibição de 100% na germinação de sementes de alface em doses superiores a 10 g L⁻¹ (ALVES *et al.*, 2004), o que demonstra o grande potencial aleloátido desse óleo quando aplicado sobre as sementes.

Em estudo realizado com óleo essencial de eucalipto, espécie *E. citriodora*, em milho, observou-se efeitos de necrose, morte de plântulas, além da redução do comprimento e acúmulo de biomassa das mesmas, demonstrando o elevado efeito tóxico desse óleo essencial (BRITO et al., 2012).

Os efeitos do óleo essencial de citronela sobre as sementes de picão preto foi observado em outro estudo, em que observou-se maiores efeitos alelopático com aumento das concentrações do óleo, isso nos parâmetros de frequência relativa da germinação, porcentagem de germinação, tempo médio de germinação, velocidade

média de germinação e índice de velocidade de germinação, efeitos que foram observados também sobre sementes de capim-colonião (HIRATAM et al., 2018).

Tabela 2. Percentual de germinação e comprimento de plântulas de capim amargoso e picão preto em função da aplicação de doses de óleo essencial de citronela.

Doses de óleo (g L ⁻¹)	Óleo de citronela	
	Germinação (%)	CP (cm)
0	100 a ¹	2,74 a
5	0,00 b	0,00 b
10	0,00 b	0,00 b
30	0,00 b	0,00 b
60	0,00 b	0,00 b
Espécie		
Capim amargoso	20,00 a	0,14 b
Picão preto	20,00 a	0,95 a
CV (%)	0,00	16,79

¹Medias seguidas por letras iguais, dentro de cada fator, não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Pouco se sabe sobre o mecanismo de ação dos óleos essenciais, conforme relatado nos trabalhos desenvolvidos por e Kim et al. (1995), óleos essenciais alteram a permeabilidade da membrana e conseqüentemente ocorre perdas de constituintes, interferindo no funcionamento normal das enzimas, incluindo aquelas envolvidas nas substâncias estruturais, o que causa disfunção nos tecidos (SARTORATTO et al., 2004).

Em estudo realizado por Hiratam et al. (2018) doses de 1,5 g L⁻¹ de óleo essencial de citronela causaram a redução em 100% na germinação de capim-colonião, resultados semelhantes daqueles observados neste estudo. O que demonstra o grande potencial alelopático desse óleo na inibição da germinação de alguma espécies vegetais.

5.2. Extratos aquosos e alcoólicos

a) Extratos de citronela aplicados via foliar

Não foi observado interação entre os fatores estudados, em nenhuma das variáveis avaliadas, com o extrato de citronela aplicado sobre as folhas de picão

preto e capim amargoso. Esses extratos, quando aplicados na parte aérea das plantas de picão preto, não apresentaram efeito fitotóxicos sobre as mesmas, independentemente das doses ou tipos de extrato (Tabela 3). Esses resultados podem ser em função da baixa toxicidade dos compostos presentes nos extratos ou esses compostos não são absorvidos pelas folhas do picão preto.

Os tamanhos de raiz, parte aérea e plantas do picão-preto não foram influenciadas pelas aplicações das doses dos extratos de citronela, independentemente das doses e dos tipos de extrato (Tabela 3).

O acúmulo de massa seca das plantas de picão preto não foi influenciado por nenhuma das doses ou tipo de extrato de citronela (Tabela 3). Reforçando os resultados de baixa capacidade de dano dos extratos de citronela quando aplicados nas folhas das plantas. Esses resultados corroboram com aqueles encontrados por Bedin et al. (2006), que não observaram alteração da germinação de sementes de tomateiro com a aplicação de extratos de folhas frescas e secas de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*). Considerando, que nas aplicações em sementes a maior volume de extrato em contato com a semente e plântula, diferentemente da aplicação foliar, que uma pequena quantidade de extrato entra em contato com as folhas da espécie alvo.

Tabela 3. Fitotoxicidade (%), comprimento de planta (cm), comprimento de raiz (cm), comprimento de parte aérea (cm) e massa seca (g planta^{-1}) de picão preto aos 14 dias após a aplicação de extrato aquoso de citronela.

Dose (mg L^{-1})	Fitotoxicidade (%)	Comprimento (mm)			Massa seca (g)
		Planta	Raiz	Parte aérea	
0	0,00 a ¹	14,53 a	8,19 a	6,34 a	0,126 a
100	0,00 a	15,97 a	8,16 a	7,81 a	0,147 a
300	0,00 a	21,16 a	9,22 a	11,94 a	0,222 a
600	0,00 a	20,75 a	9,45 a	11,30 a	0,145 a
Tipo do extrato					
Água	0,00 a	18,45 a	8,74 a	9,71 a	0,162 a
Álcool	0,00 a	17,75 a	8,76 a	8,98 a	0,158 a
CV (%)	0,00	36,67	21,44	56,63	43,27

¹Medias seguidas por letras iguais, dentro de cada fator, não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$),

Os extratos aquosos e alcoólicos de citronela não causaram efeito visual de fitotoxicidade nas plantas de capim amargoso, independentemente das doses utilizadas (Figura 4).

O comprimento das plantas, raízes e parte aérea do capim amargoso não foram influenciadas pela aplicação foliar dos extratos aquosos ou alcoólico de citronela, independentemente das doses utilizadas (Figura 4).

A massa seca das plantas de capim amargoso não foi influenciada por nenhuma das doses ou extratos de citronela com a aplicação nas folhas (Tabela 7).

O extrato de citronela parece não apresentar grande efeito negativo sobre outras espécies, mesmo no processo de germinação, fase mais sensível da maioria das espécies, como observado sobre a germinação de alface, que doses de 30% do extrato aquoso de citronela reduziram em, aproximadamente, 30% a germinação das sementes (SANTOS e CRUZ-SILVA, 2016).

Em aplicação sobre as folhas, o extrato entra em contato com a plântula em menor quantidade, e ainda há o limitante da absorção do produto pela cutícula das folhas. Assim, reduzindo os efeitos desse extrato sobre as plântulas.

Tabela 4. Fitotoxicidade (%), comprimento de planta (cm), comprimento de raiz (cm), comprimento de parte aérea (cm) e massa seca (g planta⁻¹) de capim amargoso aos 14 dias após a aplicação de extrato aquoso de citronela.

Dose (mg L ⁻¹)	Fitotoxicidade (%)	Comprimento (mm)			Massa seca (g)
		Planta	Raiz	Parte aérea	
0	0,00 a ¹	13,84 a	5,72 a	8,12 a	0,063 a
100	0,00 a	15,62 a	6,91 a	8,72 a	0,085 a
300	0,00 a	14,94 a	6,47 a	8,47 a	0,078 a
600	0,00 a	14,28 a	6,84 a	7,44 a	0,075 a
Tipo do extrato					
Água	0,00 a	15,33 a	6,91 a	8,42 a	0,073 a
Álcool	0,00 a	14,01 a	6,06 a	7,95 a	0,077 a
CV (%)	0,00	18,63	22,92	24,24	27,65

¹Medias seguidas por letras iguais, dentro de cada fator, não diferem pelo teste Tukey (p≤0,05),

b) Extratos de citronela aplicados nas sementes

Os extratos de citronela, tanto aquoso ou alcoólico, apresentaram grande interferência na germinação de sementes de picão preto. Com redução da

percentagem de germinação com o aumento das doses, com maiores efeitos nas maiores doses (Tabela 6 e Figura 1). Na maior dose, de 600 mg L⁻¹, a germinação foi menor que 17%.

Tabela 5. Percentual de germinação (%) de sementes de picão preto em função da aplicação de doses de extratos aquosos ou alcoólico de citronela.

Dose (mg L ⁻¹)	Extrato de citronela
	Picão preto
0	61,25 a
100	46,25 a
300	40,62 ab
600	16,87 b
Tipo do extrato	
Água	39,69 a
Álcool	42,81 a
CV (%)	50,25

¹Medias seguidas por letras iguais, dentro de cada fator, não diferem pelo teste Tukey (p≤0,05),

Com extrato de folhas de *Eucalyptus urograndis* foram observados efeitos mais pronunciados na inibição da germinação e redução do vigor e do crescimento de plântulas de braquiária (*Urochloa decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*) nas concentrações de 50% e 100%. O comprimento da radícula foi uma das características mais afetadas pelas substâncias potencialmente alelopáticas do extrato de eucalipto, em todas as concentrações (CARVALHO et al., 2015).

Os extratos aquosos de *Eucalyptus globulus* reduziram significativamente o percentual de germinação das sementes, crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular de várias espécies cultivadas, como couve, tomate, nabo entre outras. Chegando a inibição total do crescimento de algumas espécies nas maiores concentração (próximo a 100%) (YAMAGUSHI et al., 2011).

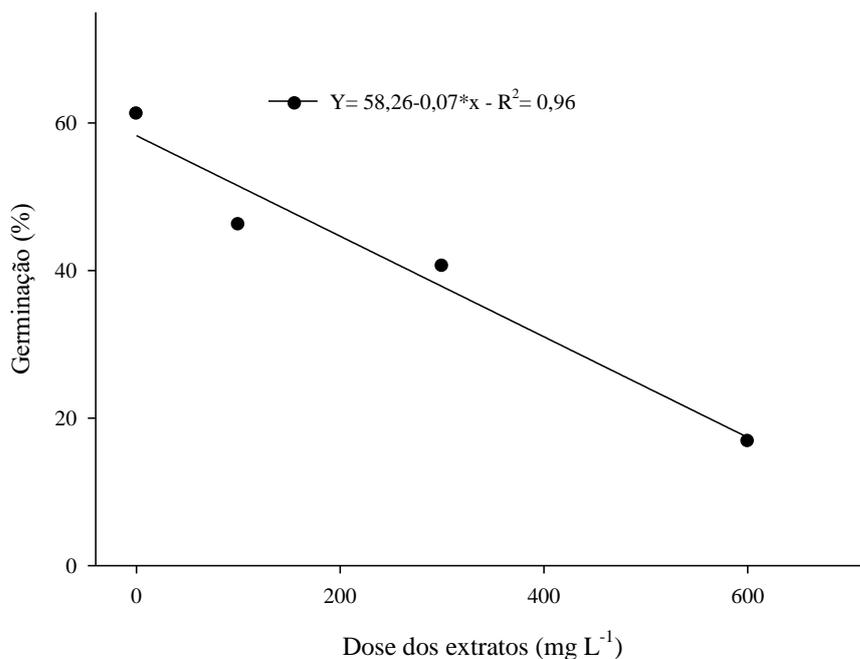


Figura 1. Percentual de germinação (%) de sementes de picão preto em função da aplicação de doses de extratos aquosos ou alcoólico de citronela.

No ensaio de germinação de capim amargoso com aplicação de extratos de citronela observou-se interação entre os fatores doses e tipos de extrato (aquoso e alcoólico) (Tabela 6).

Com relação aos tipos de extrato, o extrato alcoólico apresentou maior inibição da germinação das sementes de capim amargoso nas duas maiores doses (300 e 600 mg L⁻¹).

Analisando as doses, observa-se que no caso do extrato aquoso há um estímulo de germinação até a dose de 300 mg L⁻¹ e posterior redução da germinação na maior dose (Figura 2). No entanto, no extrato alcoólico observa-se redução linear da germinação com aumento da dose (Figura 2). O que demonstra que o extrato alcoólico pode apresentar maior efeitos negativos na germinação de capim amargoso, possivelmente por que o álcool (etanol) consegue extrair compostos apolares dos tecidos vegetais, o que diferencia esse extrato do aquoso.

O extrato de citronela, em concentrações relativamente baixas, de até 45 mg L⁻¹ não causaram efeitos negativos na germinação da cultura do feijão (MENDONÇA

FILHO et al., 2011), possivelmente em função da baixa concentração utilizada no estudo.

Tabela 6. Percentual de germinação (%) de sementes de capim amargoso em função da aplicação de doses de extratos aquosos ou alcoólico de citronela.

Dose (mg L ⁻¹)	Tipo de extrato	
	Água	Álcool
0	72,50 aA ¹	72,50 aA
100	83,75 aA	76,25 aA
300	93,75 aA	52,50 aB
600	72,49 aA	12,50 bB
CV (%)	24,52	

¹Medias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem pelo teste Tukey

($p \leq 0,05$),

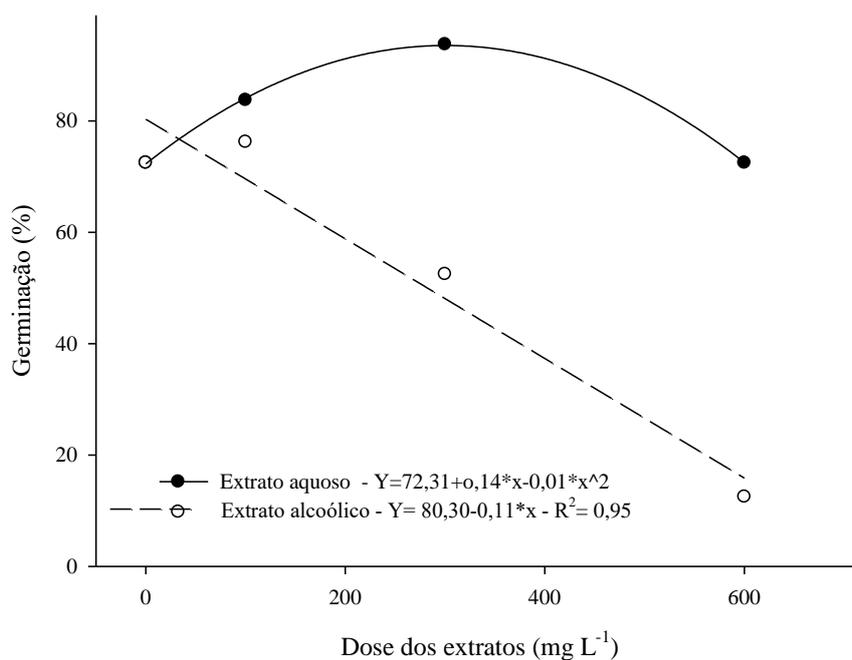


Figura 2. Percentual de germinação (%) de sementes de capim amargoso em função da aplicação de doses de extratos aquosos e alcoólico de citronela.

6. CONCLUSÃO

O óleo essencial de citronela não causam danos em plântulas de picão preto e capim amargoso em aplicação foliar. No entanto, inibem a germinação dessas espécies, em aplicação diretamente nas sementes, com inibição de 100% da germinação nas maiores doses.

Os extratos aquosos e alcoólicos de citronela não causam interferência em plântulas de picão preto e capim amargoso quando aplicados via foliar.

O aumento de concentração dos extratos de citronela promoveram redução da germinação de picão preto e capim amargoso. Considerando que os tipos de extrato, aquoso e alcoólico, atuam de forma diferencial na germinação de capim amargoso.

Dessa maneira, a utilização do capim citronela pode ser uma alternativa para produção de bioherbicidas.

REFERÊNCIAS

- ANAYA, L.A. Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. **Critical review in plant science**. v.18, n.6, p.697, 1999.
- BIANCHI, M.A. 1995. **Programa de difusão do manejo integrado de plantas daninhas em soja no Rio Grande do Sul: 1994/1995**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 31 p
- CANTRELL, C.L. et al. **Phytotoxic eremophilanes from *Ligularia macrophylla***. J. Agric. Food Chem., v.55, p.10656–10663, 2007.
- CASTRO, L.O.; RAMOS, R.L.D. **Principais gramíneas produtoras de óleos essenciais**. Boletim Técnico da Fundação Estadual de Pesquisa Agrária, n.11. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. Secretaria da Ciência e Tecnologia, Rio Grande do sul, 2003, p.28.
- CLAY, D. V.; DIXON, F. L.; WILLOUGHBY, I. Natural products as herbicides for tree establishment. **Forestry**, v.78, n.1, 2005.
- DA SILVEIRA, Lucas et al. Potencial alelopático de Citronela (*Cymbopogon*) sob a germinação, emergência e desenvolvimento inicial de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). **Acta Iguazu**, v. 5, n. 3, p. 25-38, 2016.
- ENBRAPA. **Plantas Daninhas**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-plantas-daninhas/sobre-o-tema>. Acesso em, 14 de maio de 2021.
- ELROKIEK, K.G.; EID, R.A. Allelopathic Effects of Eucalyptus Citriodora On Amaryllis And Associated Grassy Weed . **Planta Daninha** , v. 27, p. 887 899, 2009.
- FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. **Alelopatia: uma área emergente da Ecofisiologia**. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.175-204, 2000. Edição especial
- FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (2004) – Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, p. 209-262.
- FONTANÉTTI A. et al. Adubação verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface americana e de repolho. **Ciência e Agrotecnologia** , v. 28, n.3, p.967 973, 2004.
- HIRATA, D. B. et al. Efeito alelopático do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* e extrato de *Annona muricata* na germinação de *Bidens pilosa* e *Megathyrus maximus*. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 712-728, 18 jan. 2019. Revista de Ciências Agrárias. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17317>.
- GOBBO-NETO, L; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova** , v.30, n.2, p.374 381, 2007.
- JADOSKI et al. Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento.1, p. 2545 2554, 2012.

LIMA, J.D.; MORAIS, W.S. Potencial alelopático de *Ipomoea fistulosa* sobre a germinação de alface e tomate. **Acta Sci. Agron.** v.30, n.3, p. 409-413, 2008.

MANO, A.R.O. **Efeito alelopático do extrato aquoso de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* S.) sobre a germinação de sementes, desenvolvimento e crescimento de plântulas de alface, picão preto e carrapicho.** Dissertação de mestrado, Fortaleza, 2006. 102p

MONQUERO, P.A. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. Editora: Rima, São Carlos/SP, 2014. 434 p.

MORAES P. V. D. et al. Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Planta daninha**, v.27, n.3, p. 289-296, 2009.

OLIVEIRA, K.O. Atividade alelopática de extratos de diferentes órgãos de *Caesalpinia ferrea* na germinação de alface. **Ciência Rural**, v.42, n.8, p.1397-1403, 2012.

OOTANI, M.A. et al. Potencial alelopático de óleos essenciais de eucalipto e de citronela. In: **XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**. Ribeirão Preto/SP. p.1-4.

PIRES, N. de M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. **Embrapa Hortaliças-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2011.

RAVANELLI, J. P.; CAVALHEIRO, L. A.. Eficiência do óleo de citronela (*Cymbopogon winterianus*) em mistura com Glyphosate no controle de plantas daninhas. 14f. 2018. **Unicesumar - Universidade Cesumar de Maringá**, 2018.

RODRIGUES, N. C. Alelopatia no manejo de plantas daninhas. **Universidade Federal de São João Del-Rei**. 2016.

SCRIVANTI, LR; ZUNINO, MP & ZYGADLO, JA 2003. **Óleos essenciais de *Tagetes minuta* e *Schinus areia* como agentes alelopáticos.** Sistemática Bioquímica e Ecologia 31: 563-572.

SANTOS, A. et al. Determinação do rendimento e atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf em função de sazonalidade e consorciamento. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, n.2, p. 436-441, 2009.

SANTOS, E.S.; VASCONCELOS, L.C.; FONTES, M.M.P. Efeito do óleo essencial de cultivar de *Psidium guajava* L. sobre a germinação e crescimento de alface e sorgo. **SEAGRO: anais da semana acadêmica do curso de agronomia do CCAE/UFES**. Universidade Federal do Espírito Santo UFES, p. 1-4, 2017.

SOAREA, N.R.C.; BONATO, C.M. Germinação e crescimento de *Euphorbia heterophylla* submetido aos terpenoides de *Cymbopogon winterianus* em condições de casa de vegetação. In : **24 Encontro anual de iniciação científica e 4 Encontro anual de iniciação científica júnior**, Universidade Estadual do Paraná, Maringá/PR. P.1-4, 2015.

SOUZA FILHO, A.P.S.; CUNHA, R.S.; VASCONSELOS M.A.M. Efeito inibitório do óleo de *Azadirachta indica* A. Juss. sobre plantas daninhas. **Rev. ciênc. agrár.**, v. 1, n. 52, p. 79 86, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E **Fisiologia vegetal** . 5 ed. São Paulo:. 5 ed. São Paulo: ARTMED, 2013.

VELOSO, R. A. et al. Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1707-1713, 2012.

XAVIER, M.V.A. et al. Viabilidade de sementes de feijão caupi após o tratamento com óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Rev. bras. plantas med** ., v.14, n.esp.,p.250 254, 2012.