
Qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi submetidas a diferentes doses de produtos com efeito fungicida

Physiological quality of cowpea seeds subjected to different doses of fungicidal products.

Carla Michelle da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1872-5902>
Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerai, Brasil
E-mail: Carla.mic@hotmail.com

Antônio Veimar da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2080-0307>
Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, Brasil
E-mail: veimar74185@gmail.com

Wellington Matheus de Paula Maia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1920-8018>
Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerai, Brasil
E-mail: wellington.007.maia@gmail.com

Roberto Fontes Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7017-4829>
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
E-mail: roberto.araujo@epamig.br

Paulo Roberto Cecon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8213-0199>
Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerai, Brasil
E-mail: cecon@ufv.br

Eduardo Fontes Araujo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1501-0191>
Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerai, Brasil
E-mail: efaraujo@ufv.br

RESUMO

O tratamento de sementes com extratos naturais é uma alternativa viável ao uso de produtos sintéticos que não afetam a qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. Objetivou-se com o trabalho avaliar a qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi submetidas à aplicação de doses de produtos que apresentam potencial fungicida. Para o tratamento de sementes foram utilizados dois produtos sintéticos (maxim XL e captan – dose recomendada) e cinco extratos naturais (alfavaca, arruda, canela, cidreira e pirolenhoso), aplicando-se doses de 0, 2, 4, 6 e 8 mL Kg⁻¹ de sementes. Os produtos naturais apresentaram alto efeito fungicida, inibindo patógenos que afetam a qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi, em especial o gênero *Penicillium*. Elevada concentração de aleloquímicos na composição de extratos naturais reduz a germinação e o vigor de sementes. O extrato de alfavaca propicia resultados positivos na germinação e vigor de feijão-caupi.

Palavras-chave: Extratos naturais; *Vigna unguiculata*; Fungos; Captan; Maxim XL

ABSTRACT

The treatment of seeds with natural extracts is a viable alternative to the use of synthetic products that do not affect the physiological quality of cowpea seeds. The aim of this study was to evaluate the physiological quality of cowpea seeds subjected to the application of doses of products with fungicidal potential. For seed treatment, two synthetic products (Maxim XL and Captan - recommended dose) and five natural extracts (basil, rue, cinnamon, lemon balm, and pyroligneous acid) were used, applying doses of 0, 2, 4, 6, and 8 mL kg⁻¹ of seeds. The natural products showed a strong fungicidal effect, inhibiting pathogens that affect the physiological quality of cowpea seeds, especially the *Penicillium* genus. High concentrations of allelochemicals in the composition of natural extracts reduce seed germination and vigor. The basil extract provides positive results in the germination and vigor of cowpea seeds.

Keywords: Natural extracts; *Vigna unguiculata*; Fungi; Captan; Maxim XL

INTRODUÇÃO

A cultura do feijão-caupi, é uma das variedades com grandes ataques de doenças fúngicas, sendo esse problema um grande desafio para a agricultura. Nesse sentido, é necessário o tratamento de sementes para controlar a contaminação fúngica. Autores como Machado (2012), Ikram e Dawar (2013), observaram que a presença de fungos nas sementes resulta em danos frequentes, como deformidades e redução do potencial germinativo. Estudos de Biemond *et al.* (2013) destacam que a contaminação por fungos pode originar várias doenças nas plântulas, incluindo tombamento e necrose foliar.

Os fungos de armazenamento, como *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp., são prejudiciais à germinação e emergência de leguminosas. *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp. e *Rhizoctonia solani*, de acordo com Pereira (2015), limitam a germinação e causam infecções nas plântulas em estágios iniciais de desenvolvimento.

A associação desses patógenos nas sementes podem causar perdas econômicas significativas, com estimativas de 10-20% de produção perdida no Brasil, conforme Pereira (2015), assim como a falta de padrões de qualidade em sementes produzidas pela agricultura familiar e orgânica sendo risco fitossanitário, como mencionado por Altoé *et al.* (2018).

Nesse contexto, é de suma importância o tratamento de sementes com produtos fungicidas. Autores como Cardozo e Neto (2019), e Pias (2014) indicam que o método de tratamento químico é amplamente utilizado no Brasil, mas no caso do feijão-caupi, não há produtos registrados. Essa situação leva ao uso de pesticidas destinados a outras culturas, como soybean, com efeitos negativos (CAMPO *et al.*, 2009).

Diante disso, a adoção de produtos alternativos na agricultura moderna, como extratos naturais, vem ganhando cada vez mais destaque, devido ao seu potencial de manejo de doenças fúngicas. Tomazoni *et al.* (2017) destacam que esses produtos geralmente afetam apenas as pragas-alvo e têm baixo impacto ambiental. Extratos naturais como alfavaca, arruda, canela, capim-limão e ácido pirolenhoso são mencionados por diversos autores por suas propriedades fungicidas.

Diante de tantos benefícios dos extratos naturais, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade sanitária e fisiológica de sementes de feijão-caupi submetidas à aplicação de produtos com efeito fungicida, em diferentes doses.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais (20°45'30" S, 42°52'15" W e 648 m).

O cultivar de feijão-caupi utilizado foi o Tumucumaque, sendo um lote colhido na cidade de Primavera do Leste - MG, e o outro em Teresina – PI, ambos da safra 2018.

Os extratos naturais e os produtos sintéticos utilizados são comercializados no Brasil e apresentam os principais compostos fungicidas:

Tabela 1. Principais componentes dos produtos utilizados que apresentam efeito fungicida

Produtos	Compostos com efeito fungicida	(%)
Maxim XL	Metalaxil-M	1,0
	Fludioxonil	2,5
Captan SC	Captana	48,0
Extrato de alfavaca (<i>Ocimum gratissimum</i>)	Timol	19,12
	1,8-cineol	7,60
	Eugenol	38,43
Extrato de arruda (<i>Ruta graveolens</i>)	2-undecanona	51,71
	2-nonanona	38,42
Extrato de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	Cinamaldeído	11,47
	Eugenol	63,28
Extrato pirolenhoso (<i>Eucalyptus grandis</i>)	Ácido acético	33,73
	Siringol	10,91
	Guaiacol	8,51
	Furfural	12,62
Extrato de capim cidreira (<i>Cymbopogon citratus</i>)	Geranial (E-citral)	42,74
	Neral (Z-citral)	28,83
	Geraniol	6,11
	Mirceno	11,46

Fonte: Laboratório de química da UFV, Minas Gerais, Brasil (2018)

Inicialmente as sementes foram colocadas em sacos plásticos e os produtos naturais e sintéticos (Tabela 1) foram aplicados diretamente nas mesmas. As doses adotadas para os produtos naturais foram 0, 2, 4, 6 e 8 mL kg⁻¹ de sementes, para os produtos sintéticos foi utilizada a dose 3 mL kg⁻¹ de sementes, que é a recomendada para a cultura do feijão. Em seguida, foram revolvidas dentro dos sacos plásticos para que ocorresse uniformização do produto em toda sua parte superficial. Após o tratamento foram depositadas em bandejas plásticas para secagem natural e realização dos testes

Neste experimento foram avaliadas as qualidades fisiológica e sanitária de sementes de feijão-caupi após aplicação de produtos que apresentam efeito fungicida. Os testes realizados foram:

Teor de água – utilizaram-se quatro subamostras de 50 sementes em latas de alumínio em estufa a 105±3 °C, por 24 horas, e os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009). As sementes estavam com 9% de umidade no momento de realização dos testes.

Teste de germinação (G) – foram utilizadas 50 sementes, para cada repetição, em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada, o equivalente a 2,5 vezes o peso do papel não hidratado e mantidos em biochemical oxygen demand (BOD) sob temperatura de 25 °C. A contagem das plântulas normais foi realizada aos oito dias após a instalação do teste, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, segundo Brasil (2009).

Primeira contagem da germinação (PCG) – realizado em conjunto com o teste de germinação, considerando a porcentagem de plântulas normais presentes no 5º dia após a montagem do teste (BRASIL, 2009).

Teste de emergência (EMG) – utilizaram-se 50 sementes, para cada repetição, sendo semeadas na profundidade de 2 cm, em bandejas plásticas contendo areia lavada, esterilizada, e em temperatura média de 25 °C. A contagem das plântulas emergidas foi realizada no décimo dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Índice de velocidade de emergência (IVE) - determinado em conjunto com o teste de emergência. Diariamente, as plântulas emergidas foram contadas até estabilização do número de plântulas, sendo consideradas para contagem aquelas que apresentavam

cotilédones aparentes, acima do nível do substrato. O índice de velocidade de emergência das plântulas foi calculado segundo Maguire (1962).

Análise computadorizada de imagens de plântulas (Vigor-S) - foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes por tratamento, distribuídas em duas linhas no terço superior de duas folhas de papel germitest e cobertas com uma terceira folha. O substrato foi previamente umedecido com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato. Para uso no tratamento de sementes no Vigor-S, os rolos contendo as sementes foram mantidos em germinador, a 25 °C, durante dois dias. Ao final desse período, a aquisição das imagens das sementes germinadas foi realizada por meio de um sistema computadorizado de digitalização (60 cm × 50 cm × 12 cm) no qual foram colocadas as plântulas germinadas. As plântulas de cada replicação foram digitalizadas em um scanner (HP, Scanjet 200) ajustado para uma resolução de 300 dpi. As imagens foram processadas individualmente pelo software Vigor-S[®], que fornece as seguintes variáveis: Índice de crescimento (IC) e Índice de uniformidade (IU). O peso do hipocótilo e o peso da raiz primária foram ajustados a 10% e 90%, respectivamente, para o cálculo do índice de crescimento (MEDEIROS *et al.*, 2019).

Matéria seca de plântulas (MS) – foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes por tratamento, distribuídas em duas linhas no terço superior de duas folhas de papel germitest e cobertas com uma terceira folha. O substrato foi previamente umedecido com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato. Em seguida, foram mantidos em germinador, a 25 °C e ao quinto dia após montagem do teste, as plântulas normais provenientes de cada tratamento foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g. Posteriormente, foram colocadas em sacos de papel do tipo kraft e acondicionadas em estufa com circulação de ar forçado, regulada a 65 ± 2 °C, durante 72 horas. Em seguida, foram pesadas novamente e os resultados expressos em gramas por plântula (NAKAGAWA, 1999).

Comprimento de plântulas (CP) – foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes por tratamento, distribuídas em duas linhas no terço superior de duas folhas de papel germitest e cobertas com uma terceira folha. O substrato foi previamente umedecido com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato e mantidos em germinador a 25 °C. Ao quinto dia após montagem do teste, foram separadas 10 plântulas normais de cada repetição, efetuando-se as medições com uma

régua milimétrica, e os resultados foram expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

O ensaio foi realizado em esquema fatorial (5x5)+2 (doses, produtos naturais, produtos comerciais), com delineamento inteiramente casualizado (DIC), e quatro repetições. Foram utilizados 5 produtos naturais (alfavaca, arruda, canela, extrato pirolenhoso e capim cidreira) nas doses 0, 2, 4, 6 e 8 mL kg⁻¹ de sementes, e dois produtos comerciais (maxim XL e captan), nas doses recomendadas para o feijão, compondo 27 tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos aplicados nas sementes de feijão-caupi para análise do efeito fungicida dos produtos

Tratamento	Produto	Dose	Tratamento	Produto	Dose	Tratamento	Produto	Dose
1	Maxim	3	10	Arruda	4	19	Cidreira	2
2	Captan	3	11	Arruda	6	20	Cidreira	4
3	Alfavaca	0	12	Arruda	8	21	Cidreira	6
4	Alfavaca	2	13	Canela	0	22	Cidreira	8
5	Alfavaca	4	14	Canela	2	23	EP	0
6	Alfavaca	6	15	Canela	4	24	EP	2
7	Alfavaca	8	16	Canela	6	25	EP	4
8	Arruda	0	17	Canela	8	26	EP	6
9	Arruda	2	18	Cidreira	0	27	EP	8

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018. * Dose em mL Kg⁻¹ sementes. EP – Extrato pirolenhoso

Os dados foram coletados e submetidos à análise de variância. Independentemente da significância, optou-se pelo desdobramento da interação produto x doses. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% ($p < 0,05$). Para o fator quantitativo, os modelos de regressão foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t com nível de até 10% de probabilidade ($p < 0,10$), no coeficiente de determinação (R^2). Procedeu-se ainda ao teste de Dunnet, para que os tratamentos fossem comparados com as testemunhas (captan e maxim), que são produtos comerciais comumente utilizados por agricultores e eficazes na inibição de fungos fitopatogênicos. A análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do programa computacional, Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (SAEG, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância mostra que houve efeito significativo dos tratamentos para todos os caracteres analisados, indicando que os mesmos influenciaram tanto a germinação quanto o vigor das sementes de feijão-caupi (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos dados de Germinação (G), primeira contagem da germinação (PCG), Índice de velocidade de emergência (IVE), Emergência (EMG), Comprimento de plântula (CP), Matéria seca (MS), Índice de crescimento (IC) e Índice de uniformidade (IU) de acordo com os tratamentos das sementes de feijão-caupi

FV	GL	Quadrados Médios							
		G	PCG	IVE	EMG	CP	MS	IC	IU
Trat.	26	70,26**	103,51**	4,38**	200,18**	0,4606**	0,0162**	5353,35**	6374,27**
Erro	81	14,97	18,41	1,21	47,16	0,1084	0,0025	986,49	1526,36
CV (%)		4,61	5,42	10,72	7,88	6,85	6,79	7,36	5,18

** F significativo a 1% de probabilidade. Trat.=tratamentos

Quando os tratamentos são comparados, individualmente, com a aplicação do maxim XL, percebe-se que a germinação e a primeira contagem da germinação diferiram estatisticamente da testemunha na dose 8 mL nos extratos de arruda e canela (Tabela 4). Esses extratos em doses mais elevadas reduzem a germinação por conter substâncias potencialmente alelopáticas como, por exemplo, o eugenol (MIRANDA *et al.*, 2015). Segundo a autora, esse composto inibe a cadeia respiratória da matriz mitocondrial, prejudica a integridade das membranas celulares, promove a peroxidação lipídica, entre vários outros danos.

Tabela 4. Valores médios das características Germinação (G), Primeira contagem da germinação (PCG), Índice de velocidade de emergência (IVE), Emergência (EMG), Comprimento de plântula (CP), Índice de crescimento (IC), Matéria seca (MS) e Índice de uniformidade (IU) de cada tratamento e sua comparação com o maxim (Testemunha)

Produto	Doses (mL)	G	PCG	IVE	EMG	CP	IC	MS	IU
Maxim (testemunha)	3	84,75	81,62	12,11	93,25	4,31	382,4	0,75	776,6
Captan	3	91,37	90,00	11,93	95,50	4,15	333,2	0,61*	747,8
Alfavaca	0	83,50	78,12	9,95*	87,37	4,96*	445,7*	0,67	753,1
Alfavaca	2	83,37	76,00	9,71*	87,62	4,87	431,8	0,80	787,6
Alfavaca	4	84,50	79,00	11,27	91,37	5,15*	462,5*	0,80	796,1
Alfavaca	6	88,37	82,87	11,23	94,50	5,16*	473,3*	0,70	695,3*

Alfavaca	8	90,50	87,50	10,67	94,00	4,70	439,4	0,77	684,9*
Arruda	0	83,50	78,12	9,95*	87,37	4,96*	445,7*	0,67	753,1
Arruda	2	83,87	77,25	11,04	88,75	4,92	419,1	0,81	769,0
Arruda	4	84,75	81,87	11,53	91,00	4,88	410,1	0,81	783,3
Arruda	6	80,25	78,00	9,50*	80,00	4,38	387,1	0,75	761,6
Arruda	8	73,50*	65,25*	7,67*	62,25*	4,40	409,0	0,70	763,2
Canela	0	83,50	78,12	9,95*	87,37	4,96*	445,7*	0,67	753,1
Canela	2	84,50	79,50	9,47*	89,75	4,11	371,8	0,78	747,6
Canela	4	90,70	86,79	9,55*	88,90	4,97*	445,1*	0,66	770,0
Canela	6	90,75	86,75	9,55*	88,00	4,97*	445,1*	0,66	769,6
Canela	8	75,75*	70,00*	8,64*	75,50*	4,83	423,4	0,64*	765,4
Cidreira	0	83,50	78,12	9,95*	87,37	4,96*	445,7*	0,67	753,1
Cidreira	2	84,75	78,75	11,34	90,12	5,03*	443,4	0,74	761,7
Cidreira	4	85,12	79,62	11,18	90,87	5,62*	520,2*	0,73	743,7
Cidreira	6	87,50	82,75	11,50	93,62	4,51	395,6	0,70	768,6
Cidreira	8	79,75	75,75	9,22*	77,25*	4,62	399,4	0,71	810,8
Ext. Pirol.	0	83,50	78,12	9,95*	87,37	4,96*	445,7*	0,67	753,1
Ext. Pirol.	2	84,12	79,25	9,44*	88,25	4,91	444,9*	0,74	769,8
Ext. Pirol.	4	85,50	80,50	9,47*	89,00	5,13*	458,3*	0,74	769,8
Ext. Pirol.	6	86,25	83,00	10,23	88,87	4,95	422,1	0,83	781,8
Ext. Pirol.	8	83,50	76,50	8,90*	78,62*	4,61	405,2	0,81	735,7

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018. As médias com asterisco (*) na coluna diferem da testemunha ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

No índice de velocidade de emergência, o extrato de canela e o pirolenhoso, em quase todas as doses, proporcionaram resultados inferiores ao maxim XL. Isso pode ser explicado por causa da presença considerável de substâncias com efeito fungicida presentes nos extratos naturais, tais como: flavonoides, compostos fenólicos, taninos, entre outros. Esses compostos se ligam fortemente às proteínas por ligações de hidrogênio e interação hidrofóbica, cessando sua ativação e, conseqüentemente, inibindo o metabolismo ou impedindo a chegada de oxigênio ao embrião e liberação de dióxido de carbono (MACÊDO *et al.*, 2020).

Com exceção do extrato de alfavaca, todos os extratos, na dose mais alta, resultaram em valores inferiores quando comparado com o maxim XL. Esse resultado também pode ser verificado na emergência de plântulas, confirmando que, os extratos naturais em altas doses acabam ocasionando danos na emergência e germinação das sementes, por conta do potencial alelopático que muitas plantas medicinais apresentam. Pode-se verificar isso em trabalhos com canela (VALENTINI *et al.*, 2019) e arruda (MALDANER *et al.*, 2020).

É possível notar ainda, no IVE, que os tratamentos com dose 0 mL apresentaram menor resultado que a testemunha. Certamente, o não tratamento da semente promoveu a redução dessa característica por causa da ação negativa de fungos, que comprometem o

vigor. Gomes *et al.* (2019) corroboram com essa pesquisa, e discorrem sobre danos ocasionados por fungos em sementes, tais como redução do vigor, germinação e crescimento.

A aplicação do maxim XL nas sementes proporcionou efeito negativo no comprimento de plântulas quando comparada com as sementes não tratadas. Neste teste, juntamente com o teste de índice de crescimento, as plântulas permanecem dentro do rolo de papel durante todo seu desenvolvimento inicial e em contato com o fungicida aplicado. Dessa forma, o produto pode ter interferido de forma negativa no tamanho das plântulas, já que não existe uma dosagem específica para a cultura do feijão-caupi, optando-se por utilizar a dose recomendada para o feijão comum (SYNGENTA, 2020). Embora o tratamento de sementes apresente benefícios importantes, se não for observada cuidadosamente a dose administrada, pode ocasionar fitotoxicidade na planta, podendo reduzir a germinação, ocasionar o surgimento de plântulas anormais ou mesmo diminuir o comprimento do vegetal (AKOTO *et al.*, 2013).

Além disso, é possível observar, na Tabela 4, que para os dados de CP e IC, os tratamentos com alfavaca (4 e 6 mL); canela (6 mL); capim cidreira (2 e 4 mL); e extrato pirolenhoso (2 e 4 mL) apresentaram resultados superiores ao do maxim XL. Certamente, nessas doses intermediárias, esses produtos, além de não terem sido tóxicos, resultaram em melhores respostas antimicrobiana e antioxidante, inibindo ou reduzindo a ação de radicais livres que é adquirida pelo estresse oxidativo, promovendo assim o crescimento das plântulas. Esse poder antioxidante pode ser observado em flavonóides, eugenol, taninos, carotenoides, terpenos, nerol, geraniol, citral, entre outros compostos que retardam a oxidação da matéria orgânica causada por radicais livres (GREWAL *et al.*, 2018).

Para matéria seca, os tratamentos com canela (8 mL) e captan diferiram da testemunha, demonstrando valores inferiores. O extrato de canela contém cinamaldeído, que em altas concentrações reduz a massa da matéria seca das plântulas. Simioni *et al.* (2021), trabalhando com diferentes concentrações de canela em pó, observaram decréscimo linear entre os tratamentos, sendo a menor concentração de canela a que obteve maior desenvolvimento de plântulas. Já o captan, apesar de sua eficácia na desinfestação de microrganismos, o seu princípio ativo pode ter reduzido o índice mitótico, uma vez que o acréscimo da biomassa depende do aumento do número de células e isso só é possível com sucessivos ciclos mitóticos (HARASHIMA;

SCHITTGER, 2010). Dessa forma, se não houver bloqueio na transição das fases da mitose, a divisão celular ocorrerá dentro da normalidade e, conseqüentemente, o crescimento da plântula e aumento da matéria seca. Resultado semelhante pode ser encontrado no trabalho de Silva *et al.* (2019), onde os autores notaram poder fitotóxico, citotóxico e genotóxico desse fungicida, quando aplicado em altas concentrações.

Na característica índice de uniformidade, a testemunha não diferiu da maioria dos tratamentos, com exceção das doses maiores do extrato de alfavaca. Esse extrato, nas concentrações mais altas, pode ter gerado uma variação no tamanho das plântulas, ocasionado por efeito alelopático, que interfere na capacidade e velocidade da germinação, no desempenho, crescimento e uniformidade de plântulas (LU *et al.*, 2020).

Quando se considera como testemunha o fungicida comercial captan (Tabela 5), ocorre efeito semelhante ou superior nas variáveis PCG, G, IVE e EMG, quando comparado com os demais tratamentos. Isso sugere que esse produto químico atua de forma positiva na inibição e/ou redução da proliferação de fungos que causam danos nas plântulas, garantindo alta germinação e emergência (DIONIZIO *et al.*, 2020). Observa-se ainda que o princípio ativo captana, mesmo apresentando valores maiores, não diferiu estatisticamente do fludioxonil+metalaxil, apresentando assim, um resultado semelhante quando se aplica o tratamento químico nas sementes.

Tabela 5. Médias dos resultados de Germinação (G), Primeira contagem da germinação (PCG), Índice de velocidade de emergência (IVE), Emergência (EMG), Comprimento de plântula (CP), Índice de crescimento (IC), Matéria seca (MS) e Índice de uniformidade (IU) de cada tratamento e sua comparação com o captan (Testemunha)

Produto	Doses (mL)	G	PCG	IVE	EMG	CP	IC	MS	IU
Captan (testemunha)	3	91,37	90,00	11,93	95,50	4,15	333,2	0,61	747,8
Maxim	3	84,75	81,62	12,11	93,25	4,31	382,4	0,75*	776,6
Alfavaca	0	83,50*	78,12*	9,95	87,37	4,96*	445,7*	0,74*	753,1
Alfavaca	2	83,37*	76,00*	9,71*	87,62	4,87*	431,8*	0,80*	787,6
Alfavaca	4	84,50	79,00*	11,27	91,37	5,15*	462,5*	0,81*	796,1
Alfavaca	6	88,37	82,87	11,23	94,50	5,16*	473,3*	0,81*	695,3
Alfavaca	8	90,50	87,50	10,67	94,00	4,70	439,4*	0,78*	684,9
Arruda	0	83,50*	78,12*	9,95	87,37	4,96*	445,7*	0,74*	753,1
Arruda	2	83,87	77,25*	11,04	88,75	4,92*	419,1*	0,72*	769,0
Arruda	4	84,75	81,87	11,53	91,00	4,88*	410,1*	0,82*	783,3
Arruda	6	80,25*	78,00*	9,50*	80,00*	4,38	387,1	0,76*	761,6
Arruda	8	73,50*	65,25*	7,67*	62,25*	4,40	409,0*	0,70	763,2
Canela	0	83,50	78,12*	9,95	87,37	4,96*	445,7*	0,74*	753,1

Canela	2	84,50	79,50*	9,47*	89,75	4,11	371,8	0,78*	747,6
Canela	4	90,70	86,79	9,55	88,90	4,97*	445,1*	0,68	770,0
Canela	6	90,75	86,75	9,55	88,00	4,97*	445,1*	0,67	769,6
Canela	8	75,75*	70,00*	8,64*	75,50*	4,83*	423,4*	0,64	765,4
Cidreira	0	83,50*	78,12*	9,95	87,37	4,96*	445,7*	0,74*	753,1
Cidreira	2	84,75	78,75*	11,35	90,12	5,03*	443,4*	0,74*	761,7
Cidreira	4	85,12	79,62*	11,18	90,87	5,62*	520,2*	0,85*	743,7
Cidreira	6	87,50	82,75	11,50	93,62	4,51	395,6*	0,70	768,6
Cidreira	8	79,75*	75,75*	9,22*	77,25*	4,62	399,4*	0,71*	810,8
Ext. Pirol.	0	83,50*	78,12*	9,95	87,37	4,96*	445,7*	0,74*	753,1
Ext. Pirol.	2	84,12	79,25*	9,44*	88,25	4,91*	444,9*	0,75*	769,8
Ext. Pirol.	4	85,50	80,50*	9,47*	89,00	5,13*	458,3*	0,74*	769,8
Ext. Pirol.	6	86,25	83,00	10,23	88,87	4,95*	422,1*	0,83*	781,8
Ext. Pirol.	8	83,50*	76,50*	8,90*	78,62*	4,61	405,2*	0,81*	735,7

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018. As médias com asterisco (*) na coluna diferem da testemunha ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Percebe-se ainda que as doses mais altas dos produtos aplicados, com exceção da alfavaca, reduziram a PCG, G, IVE e EMG, quando comparados à testemunha, confirmando a influência negativa de doses elevadas dos metabólitos secundários nos testes de germinação e emergência. Ferreira *et al.* (2020), estudando a atividade alelopática de metabólitos secundários concluiu que os efeitos alelopáticos dependem da concentração em que a substância está presente. Certamente essa resposta negativa acontece porque afeta funções importantes como respiração, permeabilidade da membrana, divisão/desenvolvimento celular, síntese de proteínas, atividade enzimática, e outras que são importantes para o crescimento e desenvolvimento das plântulas (CHENG; CHENG, 2015). Dessa forma, quanto maior for a concentração de aleloquímicos na substância aplicada para tratamento de sementes, maior será a ação deletéria sobre os processos metabólitos das plântulas.

De forma geral, tanto na primeira contagem da germinação, como na germinação, a testemunha obteve resultado estatisticamente superior à dose 0 mL. Provavelmente, pela presença de fungos que estavam na parte superficial da semente, e acabavam por se proliferar no papel germitest. Tal fato não foi observado no teste de emergência, já que o tegumento da semente se desprende no momento em que a plântula emerge, evitando contaminação da plântula por fungos que estariam na casca. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira *et al.* (2016) onde os autores constataram a proliferação de microrganismos patogênicos em testes com papel, e a ausência desses microrganismos quando realizada a emergência em caixas plásticas com areia.

No comprimento de plântula, índice de crescimento e massa seca, a testemunha obteve resultado estatisticamente inferior quando comparado com a maioria dos tratamentos com produtos naturais. Efeito semelhante foi demonstrado anteriormente com o maxim XL. Da mesma forma, o captan não tem uma dosagem específica para o feijão-caupi em sua bula, utilizando-se a mesma dose recomendada para o feijão comum (ADAMA, 2020). Isso pode ter prejudicado o crescimento inicial das plântulas, mediante estresse ocasionado por fitotoxidez desse produto.

Para o índice de uniformidade, a testemunha não diferiu estatisticamente dos tratamentos, possivelmente porque esse fungicida não causa danos diretos na padronização do tamanho das plântulas. Dessa forma, observa-se que o captan interferiu no crescimento do vegetal, mas não provocou variação nas plântulas. Assim, esse fungicida proporcionou menor crescimento quando comparado com a maioria dos tratamentos, mas não alterou de forma significativa a uniformidade das plântulas dentro do próprio tratamento.

Houve efeito significativo da interação Produto X Dose para todas as características analisadas (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância da Germinação (G), Primeira contagem de germinação (PCG), Índice de velocidade de emergência (IVE), Emergência (EMG), Comprimento de plântula (CP), Matéria seca (MS), Índice de crescimento (IC) e Índice de uniformidade (IU) de acordo com os produtos e doses aplicadas

FV	GL	Quadrados Médios							
		G	PCG	IVE	EMG	CP	MS	IC	IU
Produto (P)	4	76,05**	67,13**	4,36*	219,53*	0,356*	0,009*	4747,9**	5505,8*
Dose (D)	4	92,87**	149,73**	6,74**	527,79**	0,603**	0,043**	4858,8**	2524,4 ^{NS}
P x D	16	57,29**	80,47**	2,65*	109,56*	0,328**	0,010**	3466,4**	8205,2**
Resíduo	75	15,84	19,58	1,26	49,81	0,109	0,002	987,2	1596,0
CV (%)		4,76	5,63	11,11	8,15	6,82	6,84	7,27	5,30

Fonte: Dados da pesquisa, 2018. * e ** F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, ^{NS} não significativo

Constatando-se a interação, procedeu-se ao desdobramento das médias para o fator produto dentro de doses (Tabela 7). Efeito danoso pode ser constatado na germinação e na emergência de plântulas nas doses 6 e 8 mL, especialmente no tratamento com extrato de arruda. Esse resultado está relacionado diretamente ao mecanismo de ação dos aleloquímicos, que envolve ruptura da membrana celular; diminuição na fotossíntese,

fitohormônios, atividade enzimática e fluxo de carbono; inibição da divisão celular, síntese de proteínas e respiração (JABRAN, 2017).

Tabela 7. Desdobramento das médias para Germinação (G), Primeira contagem de germinação (PCG), Índice de velocidade de emergência (IVE), Emergência (EMG), Comprimento de plântula (CP), Índice de crescimento (IC), Matéria seca (MS) e Índice de uniformidade (IU) em função da interação Produtos/doses

Prod.	G					PCG				
	D = 0	D = 2	D = 4	D = 6	D = 8	D = 0	D = 2	D = 4	D = 6	D = 8
E. Alf.	83,5a	83,37a	84,50a	88,37a	90,50a	78,12a	76,00a	79,00a	82,87a	87,50a
E. Arr	83,5a	83,87a	84,75a	80,25b	73,50c	78,12a	77,25a	81,87a	78,00a	65,25c
E. Can	83,5a	84,50a	90,70a	90,75a	75,75bc	78,12a	79,50a	86,79a	86,75a	70,00bc
E. Cid	83,5a	84,75a	85,12a	87,50ab	79,75bc	78,12a	78,75a	79,62a	82,75a	75,75b
E. Pir	83,5a	84,12a	85,50a	86,25ab	83,50ab	78,12a	79,25a	80,50a	83,00a	76,50b
	IVE					EMG				
	D = 0	D = 2	D = 4	D = 6	D = 8	D = 0	D = 2	D = 4	D = 6	D = 8
E. Alf.	9,96a	9,71a	11,27a	11,23a	10,67a	87,37a	87,62a	91,37a	94,50a	94,00a
E. Arr	9,96a	11,04a	11,54a	9,51a	7,67b	87,37a	88,75a	91,00a	80,00b	62,25c
E. Can	9,96a	9,47a	9,55a	9,55a	8,64ab	87,37a	89,75a	88,90a	88,00ab	75,50bc
E. Cid	9,96a	11,35a	11,18a	11,50a	9,22ab	87,37a	90,12a	90,87a	93,62ab	77,25b
E. Pir	9,96a	9,44a	9,47a	10,23a	9,91a	87,37a	88,25a	89,00a	88,87ab	78,62b
	CP					IC				
	D = 0	D = 2	D = 4	D = 6	D = 8	D = 0	D = 2	D = 4	D = 6	D = 8
E. Alf.	4,96a	4,87a	5,15ab	5,16a	4,70a	445,70a	431,80ab	462,55ab	473,31a	439,44a
E. Arr	4,96a	4,92a	4,89b	4,39b	4,40a	445,70a	419,15ab	410,15b	387,10b	409,02a
E. Can	4,96a	4,11b	4,97b	4,97ab	4,84a	445,70a	371,89b	445,1b	445,09ab	423,42a
E. Cid	4,96a	5,04a	5,62a	4,51ab	4,62a	445,70a	443,47a	520,21a	395,60b	399,47a
E. Pir	4,96a	4,91a	5,14ab	4,95ab	4,61a	445,70a	444,99a	458,35ab	422,15ab	405,27a
	MS					IU				
	D = 0	D = 2	D = 4	D = 6	D = 8	D = 0	D = 2	D = 4	D = 6	D = 8
E. Alf.	0,67a	0,80a	0,81a	0,71b	0,78ab	753,16a	787,60a	796,14a	695,36b	684,96b
E. Arr	0,67a	0,82a	0,82a	0,76ab	0,70bc	753,16a	769,00a	783,31a	761,61ab	763,29ab
E. Can	0,67a	0,78a	0,67b	0,67b	0,64c	753,16a	747,66a	770,00a	769,65ab	765,44a
E. Cid	0,67a	0,74a	0,73ab	0,71b	0,71abc	753,16a	761,71a	743,72a	768,60ab	810,84a
E. Pir	0,67a	0,75a	0,74ab	0,83a	0,81a	753,16a	769,89a	601,79b	781,80a	735,72ab

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. D=dose, Prod.=Produtos, E. Alf.=extrato de alfavaca, E. Arr.=extrato de arruda, E. Can.=extrato de canela, E. Cid.=extrato de cidreira, E. Pir.=extrato pirolenhoso.

Houve diferença entre os produtos, na dose 8 mL, da primeira contagem da germinação e do índice de velocidade de emergência, onde todos os extratos apresentaram valores numéricos inferiores ao da alfavaca. Certamente nessa dose os produtos contém concentração de aleloquímicos maior do que nas outras doses, causando efeito danoso nas plântulas devido interferência nos processos fisiológicos (WANG *et al.*, 2020; LU *et al.*, 2020). Resultados semelhantes foram obtidos por Khatri *et al.* (2020), que verificaram

que quanto maior a concentração de aleloquímicos, menores foram as taxas de germinação e de vigor de sementes de arroz.

A superioridade do extrato de alfavaca ocorre justamente por causa da baixa concentração, principalmente do eugenol, com 38,42% (Tabela 1); mesmo com a dosagem de 8 mL não prejudicou o vigor das sementes. No entanto, em trabalho realizado por Miranda *et al.* (2015), utilizando a alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.) na concentração do extrato de 77,97% em sementes de alface, percebeu-se redução acentuada da germinação e do vigor, confirmando o potencial alelopático da elevação da concentração do composto no extrato.

Dentre os produtos que tiveram resultado inferior nas doses mais altas, ressaltam-se os extratos de canela, já discutida anteriormente, e o de arruda que se destacaram com valores mais baixos nos caracteres PCG, G, IVE e EMG. A arruda, em concentrações mínimas, causa impacto direto na porcentagem de germinação e no índice de velocidade de germinação, podendo reduzir em até três vezes o valor, quando comparado com o tratamento controle (MALDANER *et al.*, 2020). Alguns estudos relatam a ação inibitória da arruda na germinação e no desenvolvimento inicial de algumas culturas. Pode-se verificar o efeito alelopático em diferentes espécies, como capimannoni (MALDANER *et al.*, 2020), tomate e rabanete (OLIVA *et al.*, 2006), entre outras.

Para as variáveis comprimento de plântula e índice de crescimento, nota-se, de forma geral, que os extratos de arruda e de canela demonstraram resultado inferior aos demais produtos aplicados. No caso da arruda, está relacionado ao potencial herbicida que apresenta especialmente o 2-decanona e o 2-nonanona, principais compostos do extrato (BOZHUYUK, 2020); neste trabalho, esses dois compostos correspondem a 51,71% e 38,42%, respectivamente (Tabela 1). Essas duas substâncias não atuam de forma isolada, podendo ser utilizada ainda como inseticida, fungicida, bactericida, nematocida, etc (CHAABAN *et al.*, 2019). Já o extrato de canela contém uma concentração considerável de eugenol (63,28%) (Tabela 1), quase o dobro da concentração presente no extrato de alfavaca; essa substância pode ocasionar alterações na integridade da membrana celular, e conseqüentemente, danos no desenvolvimento do vegetal (BAINARD *et al.*, 2006).

Resultado semelhante percebe-se na matéria seca, onde os extratos de canela e arruda novamente demonstraram desempenho inferior em algumas doses. Além destes, o capim cidreira apresentou valores inferiores na dose 6 mL para MS. Esse produto contém

principalmente, o Geranial (E-citral) com 42,74% e o Neral (Z-citral) com 28,83% (Tabela1). Esses monoterpenos inibem a mitose de células, reduzindo a biomassa das plântulas (FAGODIA *et al.*, 2017).

De forma geral, percebe-se que o extrato de alfavaca e o extrato pirolenhoso obtiveram satisfatório êxito no CP, IC e MS. Isso ocorre certamente por dois motivos: a composição do produto não continha concentrações altas de substâncias que ocasionam alelopatia nas plântulas; os extratos apresentam propriedades antioxidantes, antimicrobianas, imunestimulante, antifúngicas, além de promover a germinação de sementes e o crescimento de plântulas (GREWAL *et al.*, 2018).

No índice de uniformidade verifica-se diferença entre os produtos nas doses 4, 6 e 8 mL, onde o extrato pirolenhoso e a alfavaca demonstraram menores valores (Figura 1). Apesar desses produtos se destacarem na germinação e no vigor das sementes de feijão-caupi, não foram eficazes na padronização do tamanho das plântulas.

Figura 7. Plântulas de feijão-caupi provenientes de sementes tratadas com extrato de alfavaca (A) e extrato pirolenhoso (B).



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018. Foto: Carla Michelle da Silva

Os desdobramentos das doses dentro de cada produto, com suas equações ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação, para cada variável, encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8. Equações ajustadas de regressão das variáveis Germinação (G), Primeira contagem de germinação (PCG), Índice de velocidade de emergência (IVE), Emergência (EMG), Comprimento de plântula (CP), Matéria seca (MS), Índice de crescimento (IC), Índice de uniformidade (IU), em função das doses (x) dos respectivos produtos e os coeficientes de determinação

Produto	Var.	Equações ajustadas	Eficiência máxima	Máximo/Mínimo	R ² /r ²
E. Alf.	G	$\hat{Y} = 83,5315 - 3,20385^*\sqrt{x} + 2,022^*x$	94,6	8,0	0,9769
E. Arr.		$\hat{Y} = 83,0964 + 1,6223^*x - 0,350446^*x^2$	84,9	2,3	0,9775
E. Can.		$\hat{Y} = 82,15$	-	-	-
E. Cid.		$\hat{Y} = 84,12$	-	-	-
E. Pir.		$\hat{Y} = 83,096 + 1,15982^{\circ}x - 0,131696^{\circ}x^2$	85,6	4,4	0,7022
E. Alf.	PCG	$\hat{Y} = 78,1395 - 6,4112^{**}\sqrt{x} + 3,42648^{**}x$	87,4	8,0	0,9996
E. Arr.		$\hat{Y} = 76,4929 + 3,35714^{NS}x - 0,57589^{\circ}x^2$	80,8	2,6	0,8543
E. Can.		$\hat{Y} = 77,22$	-	-	-
E. Cid.		$\hat{Y} = 79,00$	-	-	-
E. Pir.		$\hat{Y} = 79,47$	-	-	-
E. Alf.	IVE	$\hat{Y} = 10,57$	-	-	-
E. Arr.		$\hat{Y} = 9,96887 + 0,890565^*x - 0,149479^*x^2$	11,3	3,0	0,9594
E. Can.		$\hat{Y} = 9,60$	-	-	-
E. Cid.		$\hat{Y} = 9,92629 + 0,91338^*x - 0,122353^*x^2$	11,6	3,7	0,8795
E. Pir.		$\hat{Y} = 9,80$	-	-	-
E. Alf.	EMG	$\hat{Y} = 86,95 + 1,00625^{**}x$	95	8,0	0,8820
E. Arr.		$\hat{Y} = 86,317 + 4,40714^*x - 0,919643^*x^2$	91,6	2,4	0,9783
E. Can.		$\hat{Y} = 86,8464 + 2,653557^{NS}x - 0,49107^*x^2$	90,4	2,7	0,8968
E. Cid.		$\hat{Y} = 86,0214 + 4,34107^{NS}x - 0,647321^{\circ}x^2$	93,3	3,3	0,7607
E. Pir.		$\hat{Y} = 86,4964 + 2,45982^{NS}x - 0,412946^*x^2$	90,2	3,0	0,8580
E. Alf.	CP	$\hat{Y} = 4,97$	-	-	-
E. Arr.		$\hat{Y} = 5,045 - 0,083125^*x$	5	0,0	0,8091
E. Can.		$\hat{Y} = 4,69$	-	-	-
E. Cid.		$\hat{Y} = 4,95$	-	-	-
E. Pir.		$\hat{Y} = 4,9064 + 0,10794^{NS}x - 0,017633^{\circ}x^2$	5,1	3,1	0,7857
E. Alf.	MS	$\hat{Y} = 0,7528$	-	-	-
E. Arr.		$\hat{Y} = 0,672977 + 0,203808^{**}\sqrt{x} - 0,0680705^{**}x$	0,8	3,0	0,9898
E. Can.		$\hat{Y} = 0,669726 + 0,223811^{\circ}\sqrt{x} - 0,083951^{\circ}x$	0,8	2,0	0,7330
E. Cid.		$\hat{Y} = 0,675443 + 0,077643^*\sqrt{x} - 0,024167^*x$	0,7	3,0	0,8474
E. Pir.		$\hat{Y} = 0,68975 + 0,017687^*x$	0,8	8,0	0,8144
E. Alf.	IC	$\hat{Y} = 450,56$	-	-	-
E. Arr.		$\hat{Y} = 447,148 - 17,1129^*x + 1,48036^{\circ}x^2$	397,69	5,78	0,8926
E. Can.		$\hat{Y} = 417,87$	-	-	-
E. Cid.		$\hat{Y} = 440,89$	-	-	-
E. Pir.		$\hat{Y} = 444,332 + 6,51384^{NS}x - 1,46228^{\circ}x^2$	451,6	2,2	0,8596
E. Alf.	IU	$\hat{Y} = 743,44$	-	-	-
E. Arr.		$\hat{Y} = 766,07$	-	-	-
E. Can.		$\hat{Y} = 748,627 + 2,32688^*x$	767,2	8,0	0,6384
E. Cid.		$\hat{Y} = 758,908 - 9,6334^{NS}x + 1,9685^{\circ}x^2$	730,0	2,43	0,8802
E. Pir.		$\hat{Y} = 728,47$	-	-	-

Fonte: Dados da Pesquisa, 2018. **, * e ° - Significativo a 1%, 5%, 10% pelo teste “t”, respectivamente. NS – Não significativo a 10% pelo teste “t”. Var. = variável; E. Alf. = extrato de alfavaca; E. Arr. = extrato de arruda; E. Can. = extrato de canela; E. Cid. = extrato de cidreira; E. Pir. = extrato pirolenhoso.

Não houve efeito das doses para o extrato de alfavaca, no Índice de velocidade de emergência, comprimento de plântulas, matéria seca, índice de crescimento e índice de

uniformidade, mas sim na primeira contagem de germinação, germinação e matéria seca. Nota-se eficiência máxima de 94,6% para G e 87,4% para PCG, ambos com 8 mL.

Para Emergência, também houve efeito, e sua equação se comportou de forma linear crescente, apresentado máximo de 95% de emergência, para 8 mL. Isso pode ter ocorrido devido ao efeito inverso da dose e da incidência de fungos, pois à medida que se aumentaram as doses, houve redução na incidência fúngica. Flávio *et al.* (2014) mostraram que o uso desse extrato diminuiu a quantidade de fungos, quando se aumentava a dose, para todos os fungos estudados. Houve relatos da inibição de 100% de conídios de *C. gloeosporioides*, quando utilizado o extrato de alfavaca (SOUZA JUNIOR *et al.*, 2009).

Para o extrato de arruda, houve efeito das doses para todas as variáveis, exceto para o índice de uniformidade. Para a maioria das variáveis, as equações ajustadas se comportaram de forma quadrática com máxima eficiência para as variáveis PCG, G, IVE, EMG, MS no intervalo das doses 2,3-3,0 mL. Isso ocorre porque o extrato de arruda tem princípios ativos com função altamente fungicida (COSTA JUNIOR *et al.*, 2014), erradicando e/ou diminuindo a ação do patógeno (VENTUROSOSO *et al.*, 2011) e com isso melhorando a qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. No entanto, após o intervalo de dose citada, começa a reduzir a germinação e o vigor.

Não houve efeito das doses para as variáveis PCG, G, IVE, CP e IC, quando utilizado o extrato de canela. Apenas para a EMG houve efeito quadrático, MS efeito de raiz quadrada e IU efeito linear, apresentando 90,4% na dose 2,7 mL para emergência; e 0,819 g na dose 1,8 mL para matéria seca. A utilização desse extrato é de suma importância no combate a fitopatógenos, pois apresenta princípio ativo de eugenol e cinamaldeído, sendo esse último o principal composto que possui atividade no controle de microrganismos (JHAM *et al.*, 2005). Nesse sentido, ao inibir a proliferação de fungos, as sementes de feijão-caupi podem exercer melhor o seu potencial fisiológico e com isso melhorar o índice de uniformidade, como foi notado nessa pesquisa. Flávio *et al.* (2014) verificaram que esse extrato, em todas as concentrações testadas, foi eficiente em reduzir a infestação de todos os fungos encontrados.

Não houve diferença nas doses do extrato de cidreira para as variáveis PCG, G, CP e IC. Efeitos quadráticos foram observados nas variáveis IVE, EMG e IU, e efeito de raiz quadrada nas demais variáveis. Pela equação ajustada, é possível obter 11,63 (3,7 mL) de IVE, 93,3% (3,3 mL) de EMG.

As concentrações dos princípios ativos desse produto são altas (Tabela 1); por isso, o estudo da dose ideal é essencial para que não ocorra o efeito alelopático (RIZZI *et al.*, 2016), devido à presença de aleloquímicos em sua composição, como ocorreu no índice de uniformidade de plântula, que diminuiu à medida que se aumentavam as doses. Esses compostos podem interferir no metabolismo das plantas, atuando na respiração e fotossíntese, nos hormônios, na abertura dos estômatos, inibição do transporte de membrana, dentre outros (SPIASSI *et al.*, 2015).

Para o extrato pirolenhoso, não houve efeito das doses nas variáveis PCG, IVE e IU. Houve efeito quadrático para as variáveis G, EMG, CP e IC e linear para MS. As máximas eficiências foram de 85,6% (4,4 mL) na germinação, 90,2% (3,0 mL) na emergência, 5,1 cm (3,1 mL) no comprimento de plântula, e 451,6 (2,2 mL) no índice de crescimento com o extrato pirolenhoso. O extrato pirolenhoso funciona como controlador de pragas e doenças (TRINDADE *et al.*, 2014), e pode ser usado como adubo orgânico, o que faz com que a germinação, emergência, comprimento de plântula e índice de crescimento tenham ganhos significativos (TOGORO, 2012). Mu *et al.* (2006), usando o EP em altas taxas de diluição, obtiveram crescimentos significativos nas culturas da alface e do pepino.

Observa-se que a MS aumenta à medida que a dose do extrato pirolenhoso aumenta. Isso pode ter ocorrido devido ao efeito sinérgico dos compostos presentes no extrato pirolenhoso, melhorando o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, a matéria seca (PANGNAKORN, 2008).

CONCLUSÕES

Extratos naturais que apresentam altas concentrações de aleloquímicos em sua composição são prejudiciais à germinação e ao vigor de sementes de feijão-caupi. Os extratos naturais de arruda, pirolenhoso, canela e capim cidreira são eficazes no combate a fungos que prejudicam a qualidade fisiológica de sementes, em especial o gênero *Penicillium*. No entanto, doses elevadas reduzem o crescimento e desenvolvimento inicial de plântulas. O extrato de alfavaca na dose 8 mL Kg⁻¹ diminui a incidência de fungos e não causa danos à qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi, tornando-se uma opção para o tratamento de sementes desta espécie.

REFERÊNCIAS

- ADAMA. Captan SC. Disponível em <https://www.adama.com/documents/407112/413981/Captan+SC+-+Bula>. Acesso em 25/10/2020.
- AKOTO, O.; ANDOH, H.; DARKO, G.; ESHUN, K.; OSEI-FOSU, P. Health risk assessment of pesticides residue in maize and cowpea from Ejura, Ghana. *Chemosphere*, v. 92, n. 1, p. 67-73, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.02.057>
- ALTOÉ, L. M.; SOUZA, A. F.; LAMBERT, J. C.; DALEPRANE, F. B.; MEIRELES, R. C.; RIOS, J. S. Qualidade sanitária de sementes de feijão produzidas por agricultores familiares no Espírito Santo. *Cadernos de Agroecologia*, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/1814>. Acesso em 11/10/2023.
- BAINARD, L. D.; ISMAN, M. B.; UPADHYAYA, M. K. Phytotoxicity of clove oil and its primary constituent eugenol and the role of leaf epicuticular wax in the susceptibility to these essential oils. *Weed Science*, v.54, n. 5, p. 833-837, 2006. <https://doi.org/10.1614/WS-06-039R.1>
- BIEMOND, P. C.; OGUNTADE, O.; KUMAR, P. L.; STOMPH, T. J.; TERMORSHUIZEN, A. J.; STRUIK, P. C. Does the informal seed system threaten cowpea seed health? *Crop Protection*, v. 43, n. 1, p. 166-174, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.09.007>.
- BOZHUYUK, A. U. Herbicidal activity and chemical composition of two essential oils on seed germinations and seedling growths of three weed species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, v. 23, n.4, p. 821-831, 2020. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1828178>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de análise sanitária de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 200 p.
- CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. *Symbiosis*, v. 48, n. 1, p. 154-163, 2009. Disponível em: <http://www.bashanfoundation.org/contributions/Hungria-M/2009.-Hungria-S.pdf>. Acesso em 11/10/2023.
- CARDOZO, L. V. F.; NETO, M. V. P. Extrato de neem no tratamento de sementes de tomate. *Revista Verde*, v. 14, n. 1, p. 1-4, 2019. Disponível em: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/61/61588010/html/>. Acesso em 11/10/2023.
- CHAABAN, S. B.; HAMD, S. H.; MAHJOUBI, K.; JEMÂA, J.M.B. Composition and insecticidal activity of essential oil from *Ruta graveolens*, *Mentha pulegium* and *Ocimum basilicum* against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephesia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Diseases Protection*, v. 126, n. 3, p. 237-246, 2019. <https://doi.org/10.1007/s41348-019-00218-8>.
- CHENG, F.; CHENG, Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, v. 6, n. 1, p. 10-20, 2015. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>.
- COSTA JUNIOR, R. G.; SANTI, F. M.; BUKOWSKI, S. S.; SOUZA, K. A.; MATOS, C. A.; GORDIN, L. W. Uso de extratos de plantas no controle de *Rhipicephalus* (Boophilus) microplus em ensaios in vitro. *Cadernos de Agroecologia*, v. 9, n. 4, p. 1-11, 2014. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/16830>. Acesso em 04/10/2023.
- DIONIZIO, A. F.; LIMA, N. L.; FILHO, R. C.; DIANESE, É. C. Avaliação sanitária e fisiológica de sementes de mogno e baru tratadas com captana. *Heringeriana*, v. 14, n. 1, p. 13-20, 2020. <https://doi.org/10.17648/heringeriana.v14i1.917802>.

- FAGODIA, S. K.; SINGH, H. P.; BATISHA, D. R.; KOHLI, R. K. Phytotoxicity and cytotoxicity of *Citrus aurantiifolia* essential oil and its major constituents: Limonene and citral. *Industrial Crops and Products*, v. 108, n. 1, p. 708-715, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.005>.
- FERREIRA, E. V. R.; FRANCO, S. P. B.; SANTOS, A. F.; SOUZA, R. C. Allelopathic activity of broom (*Scoparia dulcis* L.) on the germination of invasive plants. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 15, n. 2, p. 1-7, 2020. <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i2a7368>.
- FLÁVIO, N. S. D. S.; SALES, N. L. P.; AQUINO, C. F.; SOARES, E. P. S.; AQUINO, L. F. S.; CATÃO, H. C. R. M. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de sorgo tratadas com extratos aquosos e óleos essenciais. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 1, p. 7-20, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p7>.
- GOMES, R. S. S.; FARIAS, O. R.; DUARTE, I. G.; SILVA, R. T.; CRUZ, J. M. F. L.; NASCIMENTO, L. C. Qualidade de sementes de *Bauhinia variegata* tratadas com óleos essenciais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 39, n. 1, p. 1-5, 2019. <https://doi.org/10.4336/2019.pfb.39e201801647>.
- GREWAL, A.; ABBEY, L.; GUNUPURU, L. R. Production, prospects and potential application of pyrolygneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 135, n. 1, p. 152-159, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>.
- HARASHIMA, H.; SCHNITTGER, A. The integration of cell division, growth and differentiation. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 13, n. 1, p. 66-74, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.11.001>.
- IKRAM, N.; DAWAR, S. Effect of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. in the control of root rot fungi of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) and mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Pakistan Journal of Botany*, v. 45, n. 2, p. 649-654, 2013. Disponível em: <http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/45%282%29/42.pdf>. Acesso em 10/09/2023.
- JABRAN, K. Manipulation of allelopathic crops for weed control. *SpringerBriefs in Plant Science*, Springer International Publishing AG, Switzerland, 2017. 87p.
- JHAM, G. N.; DHINGRA, O. D.; JARDIM, C. M.; VALENTE, V. M. Identification of the major fungitoxic component of cinnamon bark oil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 30, n. 4, p. 404-408, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.1995.tb02515.x>.
- KHATRI, K.; KIRAN, B.; BHAWNA, N.; BARGALI, S.S. Germination and early seedling growth of two rice varieties as affected by invasive *Ageratina adenophora*. *Current Agriculture Research Journal*, v. 8, n.2, p. 108-117, 2020. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.8.2.06>.
- LU, Y. J.; WANG, Y. F.; WU, B. D.; WANG, S.; WEI, M.; DU, D. L.; WANG, C.Y. Allelopathy of three Compositae invasive alien species on indigenous *Lactuca sativa* L. enhanced under Cu and Pb pollution. *Scientia Horticulturae*, v. 267, e109323, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109323>.
- MACÊDO, J. F. S.; RIBEIRO, L. S.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U.; ANDRADE, A. P.; LOPES, K. P.; COSTA, F. B.; ZANUNCIO, J. C.; RIBEIRO, W. S. Green leaves and seeds alcoholic extract controls *Sporobolus indicus* germination in laboratory conditions. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 1599, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58321-y>.
- MACHADO, J. C. Patologia de sementes: significado e atribuições. In: CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciências, tecnologia e produção. Jaboticabal: Funep, 2012. p. 524- 582.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.
- MALDANER, J.; STEFFEN, G. P. K.; MISSIO, E. L.; SALDANHA, C. W.; MORAIS, R. M.; STEFFEN, R. B. Rue and Brazilian peppertree essential oils inhibit the germination and initial development of the invasive plant lovegrass. *International Journal of Environmental Studies*, v. 77, n. 2, p. 255-263, 2020. <https://doi.org/10.1080/00207233.2020.1723963>.

MEDEIROS, A. D.; SILVA, L. J.; CAPOBIANGO, N. P.; FIALHO, C. A.; DIAS, D. C. F. S. Assessing the physiological quality of common bean seeds using the Vigor-S® system and its relation to the accelerated aging test. *Journal of Seed Science*, v. 41, n. 2, p. 187-195, 2019. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n2211401>.

MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. G.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, S. M. F.; GOMES, M. S.; SANTIAGO, J. A.; TEIXEIRA, M. L. Atividade alelopática de óleos essenciais de plantas medicinais na germinação e vigor de aquênios de alface. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 3, p. 1783-1798, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3Supl1p1783>.

MU, J.; YU, Z. M.; WU, W. Q.; WU, Q. L. Preliminary study of application effect of bamboo vinegar on vegetable growth. *Forestry Studies in China*, v.8, n.3, p.43-47, 2006. <https://doi.org/10.1007/s11632-006-0023-6>.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. *In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina, ABRATES. 1999. p.2.1-2.21.

OLIVA, A.; LAHOZ, E.; CONTILLO, R.; ALIOTTA, G. Effects of *Ruta graveolens* leaves on soil characteristics and on seed germination and early seedling growth of four crop species. *Annals of Applied Biology*, v. 141, n. 1, p. 87–91, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00199.x>.

OLIVEIRA, F. N.; FRANÇA, F. D.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de pereiro-vermelho (*Simira gardneriana* M.R. Barbosa & Peixoto). *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 4, p. 658-666, 2016. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160079>.

PANGNAKORN, U. Utilization of wood vinegar by-product from iwate kiln for organic Agricultural System. *In: Technology and innovation for sustainable development conference, 2008, Phitsanulok, Thailand. [Abstracts]... Phitsanulok, Thailand, 2008. p.17-19*

PEREIRA, R. B.; SILVA, P. P.; NASCIMENTO, W. M.; PINHEIRO, J. B. Tratamento de sementes de hortaliças. Distrito Federal: Embrapa Hortaliças, 2015. 16p (Circular Técnica, nº 140).

PIAS, T. H. Diferentes tipos de tratamentos de sementes para a cultura da soja. 2014. 31p. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, 2014.

RIZZI, E. S.; LACERDA PEREIRA, K. C.; ARAUJO ABREU, C. A.; LIMA SILVA, B. C. F.; FERNANDES, R. M.; MORBECK DE OLIVEIRA, A. K.; MATIAS, R. Potencial alelopático e fitoquímica de folhas de camarazinho (*Vochysia haenkeana* (Spreng.) Mart.) na germinação e desenvolvimento de alface e tomate. *Bioscience Journal*, v. 32, n. 1, p. 98-107, 2016. <https://doi.org/10.14393/BJ-v32n1a2016-29614>.

SAEG - Sistema para análises estatísticas. Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes: UFV, Viçosa, 2007.

SILVA, E. R.; SIMÕES, I. M.; BAPTISTA, J. O.; BIGHI, K. N.; FONTES, M. M. P.; SCHMILDT, E. R.; LOPES, J. C.; CALDEIRA, M. V. W.; ALEXANDRE, R. S. In vitro germination of *Melanoxylon brauna* SCHOTT. and evaluation of the toxicity of disinfecting agents in the *Lactuca sativa* L. model plant. *Cerne*, v. 25, n. 4, p.375-385, 2019. <https://doi.org/10.1590/01047760201925042688>.

SIMIONI, P. F.; SILVA, A. P. R.; SILVA, J. C. CORBELLINE, M. RONDON, M. J. P.; MARTINS, V.; KARSBURG, I. V. GALLO, R. Influência da canela em pó no desenvolvimento de *Catasentum x altaflorestense* Benelli & Grade. *Brazilian Journal of development*, v. 7, n. 1, p. 10406-10421, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-707>.

SOUZA JUNIOR, I. T. S.; SALES, N. L. P.; MARTINS, E. R. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. *Revista Biotemas*, v. 22, n. 3, p. 77-83, 2009. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n3p77>.

SPIASSI, A.; NÓBREGA, L. H. P.; ROSA, D. M.; PACHECO, F. P., SENEM, J.; LIMA, G. P. Allelopathic effects of pathogenic fungi on weed plants of soybean and corn crops. *Bioscience Journal*, v. 31, n. 4, p. 1037-1048, 2015. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n4a2015-26142>.

SYNGENTA. MAXIM® XL. Disponível em: https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/maxim_xl_0.pdf?token=1601553590. Acesso: 10 abr. 2020.

TOGORO, A.H. Uso do extrato pirolenhoso: efeito no solo e nas plantas de tomate. 2012. 69 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2012.

TOMAZONI, E. Z.; PAULLETI, G. F.; RIBEIRO, R. T. S. MOURA, S.; SCHWAMBACH, J. In vitro and in vivo activity of essential oils extracted from *Eucalyptus staigeriana*, *Eucalyptus globulus* and *Cinnamomum camphora* against *Alternaria solani* Sorauer causing early blight in tomato. *Scientia Horticulturae*, v. 223, n. 1, p. 72–77, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.04.033>.

TRINDADE, R. C. P.; PALMEIRA, L. H.; SANT'ANA, A. E. G.; SOUSA, R. S.; COSTA, A. P. A.; AMORIM, E. P. R. Atividade do extrato pirolenhoso sobre lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 9, n. 3, p. 84-89, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49763/37786>. Acesso em 06/09/2023.

VALENTINI, R. P.; BONOME, L. T. S.; MOURA, G. S.; SIQUEIRA, D. J.; TOMAZI, Y.; FRANZENER, G.; BITTENCOURT, H. V. H. Essential oils of *Tahiti lemon* and *cinnamon bark* in control of storage fungi and the physiological and sanitary quality of beans. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 86, e0172019, p. 1-9, 2019. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000172019>.

VENTUROSO, L. D. R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; CONUS, L. A.; PONTIM, B. C. A., BERGAMIN, A. C. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. *Summa Phytopathologica*, v. 37, n. 1, p. 18-23, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052011000100003>.

WANG, S.; WEI, M.; WU, B. D.; CHENG, H. Y.; WANG, C. Y. Combined nitrogen deposition and Cd stress antagonistically affect the allelopathy of invasive alien species *Canada goldenrod* on the cultivated crop lettuce. *Scientia Horticulturae*, v. 261, e108955, p. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108955>.