

Câmpus
Sul
UnU - Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

ATIVIDADE HERBICIDA DE PALHADA E EXTRATO DE SORGO

ALINNE COELHO DE MELO

MESTRADO

Ipameri-GO

2023

ALINNE COELHO DE MELO

**ATIVIDADE HERBICIDA DE PALHADA E EXTRATO DE
SORGO**

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos Matos

Co-Orientadora: Dra. Larissa Pacheco Borges

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri
2023

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CM528 Coelho de Melo, Alinne
a ATIVIDADE HERBICIDA DE PALHADA E EXTRATO DE SORGO /
Alinne Coelho de Melo; orientador Fábio Santos Matos;
co-orientador Larissa Pacheco Borges. -- Ipameri,
2023.
24 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de
Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2023.

1. Sorghum bicolor L.. 2. Alelopatia. 3. Sorgoleone.
4. Bioherbicida. I. Santos Matos, Fábio , orient. II.
Pacheco Borges, Larissa , co-orient. III. Título.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ATIVIDADE HERBICIDA DE PALHADA E EXTRATO DE SORGO"

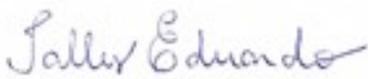
AUTOR(A): Alinne Coelho de Melo

ORIENTADOR(A): Fábio Santos Matos

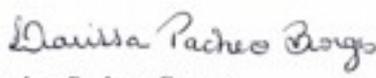
Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. Fábio Santos Matos (Orientador)

Universidade Estadual de Goiás / Unidade Universitária Ipameri- GO


Prof. Dr. Talles Eduardo Borges dos Santos

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO


Drª. Larissa Pacheco Borges

Pós Doutoranda do Programa de Mestrado em Produção Vegetal

Registro de Declaração

Número: 178

Livro: R-01 Folhas: 03A

Data: 27/03/2023

Data da realização: 27 de fevereiro de 2023

“Não se deixe levar pela distância entre os sonhos e a realidade.

Se você é capaz de sonhá-los, também pode realizá-los”

Shakespeare

AGRADECIMENTOS

À Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

À Universidade Estadual de Goiás, e ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade e aprendizado que foram fundamentais na conquista de meus objetivos.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

Ao grupo da Fisiologia Vegetal, por me receberem tão bem, me ajudarem e participarem deste trabalho. Em especial, aos amigos Nathália, Bruno Teixeira, Brunno Nunes, Flavielli. Amizade construída durante meu curso de mestrado, e que desejo que prevaleça pela vida toda. São pessoas que contribuíram para a execução do meu projeto e cuja participação foi fundamental para a realização deste trabalho. Pela grande amizade, enorme companheirismo e imensa dedicação, meu sincero muito obrigada!

Ao meu orientador Professor Fábio, pela competência, eficiência, sabedoria, comprometimento. Agradeço pela orientação, paciência, ensinamentos e dedicação a esta dissertação e outros projetos que executamos, contribuindo para minha formação intelectual.

A minha co-orientadora Larissa Borges Pacheco, por todo carinho, atenção, paciência e persistência em não me fazer desistir nunca.

Aos meus pais, irmão e familiares que sempre torceram por mim nessa jornada.

Ao meu marido e minha querida filha que amo de todo coração.

Aos meus amigos do mestrado, pelos momentos divididos juntos, pela força, apoio, compreensão que tivemos uns com outros.

Aos professores da pós-graduação pelo convívio e aprendizado. À todos aqueles que acreditaram em mim e que direta ou indiretamente, contribuíram para esta imensa felicidade que estou sentindo nesse momento.

À todos vocês, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	5
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5. CONCLUSÕES	13
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14

RESUMO

A utilização de aleloquímicos em substituição aos herbicidas sintéticos é uma realidade potencial que alicerça uma produção agrícola biorracional e de menor custo. O presente estudo tem como objetivo avaliar e identificar a potencial ação herbicida da palhada e do extrato aquoso de plantas de sorgo. O trabalho foi conduzido no campo experimental na Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri. O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas com duas parcelas e duas subparcelas, sendo o tratamento principal alocado nas parcelas e constituído pelo plantio de sorgo granífero (DOW 1G100) e milho comum (SHS 7990 PRO3) na safrinha para formação de palhada e, nas subparcelas foram colocados os tratamentos secundários referentes a presença e ausência de controle de plantas daninhas com uso de extrato aquoso de sorgo. No período da safra ocorreu o plantio da soja (FOCO Brasmax) nos dois talhões. Os tratamentos de controle de plantas daninhas constituíram as subparcelas e consistiram no uso de extrato aquoso de folhas de sorgo aplicados nas plantas daninhas nos talhões (ES1) e ausência de controle de plantas daninhas (ES0). As aplicações do extrato aquoso de sorgo ocorreram em três momentos ao longo do ciclo da soja nos estádios V₃, R₁ e R₅. Aos 15 dias após a última aplicação as avaliações foram realizadas na soja, e no estágio fenológico R₉ foram realizadas as avaliações nas plantas daninhas. A palhada de sorgo reduziu aproximadamente 44% a densidade de plantas daninhas em relação ao solo coberto com palhada de milho. A palhada de sorgo afetou os componentes de rendimento de soja, porém o controle pós-emergente com extrato aquoso de sorgo promoveu controle de plantas daninhas e permitiu a soja desenvolver sem estresse causado pela competição de recursos produtivos como água, luz e nutrientes. Estes resultados evidenciam a importância do sorgo como bioherbicida, pois ele possui efeito alelopático sobre as plantas daninhas indesejadas. O extrato de sorgo exerce ação alelopática sobre as plantas daninhas em cultivo de soja, em concomitância o efeito herbicida é mais acentuado no cultivo sobre palhada de sorgo.

Palavras chave: *Sorghum bicolor* (L). Moench, aleloquímico, produção sustentável, plantas daninhas.

ABSTRACT

The use of allelochemicals to replace synthetic herbicides is a potential reality that supports biorational and lower-cost agricultural production. The present study aims to evaluate and identify the potential herbicidal action of straw and aqueous extract of sorghum plants. The work was carried out in the experimental field at the State University of Goiás, Ipameri unit. The experiment was set up following a completely randomized design in a split-plot scheme with two plots and two subplots, with the main treatment allocated in the plots and constituted by the planting of grain sorghum (DOW 1G100) and common corn (SHS 7990 PRO3) in the off-season to straw formation and, in the subplots, the secondary treatments related to the presence and absence of weed control with the use of sorghum aqueous extract were placed. During the harvest period, soybeans were planted (FOCO Brasmax) in both plots. The weed control treatments constituted the subplots and consisted of the use of aqueous extract of sorghum leaves applied to weeds in the plots (ES1) and no weed control (ES0). Applications of sorghum aqueous extract occurred at three times throughout the soybean cycle at stages V3, R1 and R5. At 15 days after the last application, evaluations were performed on soybeans, and at the phenological stage R9, evaluations were performed on weeds. Sorghum straw reduced weed density by approximately 44% compared to soil covered with corn straw. The sorghum straw affected soybean yield components, however the post-emergence control with sorghum aqueous extract promoted weed control and allowed the soybean to develop without stress caused by the competition of productive resources such as water, light and nutrients. These results show the importance of sorgoleone as a bioherbicide, as it has an allelopathic effect on unwanted weeds. The sorghum extract exerts allelopathic action on weeds in soybean cultivation, at the same time the herbicidal effect is more pronounced in cultivation on sorghum straw.

Keywords: *Sorghum bicolor* (L). Moench, allelochemical, sustainable production, weeds.

1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores que mais afetam o rendimento e a produtividade agrícola é a ocorrência de plantas daninhas na lavoura, uma vez que os custos com controle giram em torno de 20% a 30% do custo de produção (MARINHO et al., 2021). Muitas são as plantas daninhas que infestam as principais culturas graníferas como a soja, o sorgo e o milho. As plantas daninhas apresentam capacidade elevada de competição a nível de solo (RODRIGUES et al., 2019) e sobre o solo devido ao potencial de extração de água e nutrientes e a capacidade de utilização de energia luminosa por meio da fotossíntese (BRAZ et al., 2016; MATOS et al., 2019).

As plantas daninhas possuem características que permitem rápido estabelecimento como o rápido crescimento, grande capacidade reprodutiva e elevada capacidade de permanência em locais perturbados, pois muitas espécies são ruderais (BRAZ et al., 2016; MATOS et al., 2019). Além disso, são potenciais hospedeiras de pragas, doenças, nematoides, ácaros, bactérias e vírus, sendo, portanto, fonte de inóculo desses organismos em culturas de interesse comercial (CARVALHO, 2013). As guaxumas (*Sida spp.*), por exemplo, são hospedeiras de pulgões (*Aphis spp.*) e da mosca-branca (*Bemisia tabaci*), vetores do mosaico dourado em culturas como feijão, soja, algodão e outras (CARVALHO, 2013).

As estratégias utilizadas pelas espécies vegetais para superar o período de competição são variadas e, dentre estas, se destaca a alelopatia. A alelopatia é um mecanismo de interferência no qual as plantas produzem e liberam metabólitos secundários denominados aleloquímicos. Através da produção e liberação de aleloquímicos, as plantas suprimem as espécies que competem por água, luz e nutrientes, além destes aleloquímicos apresentarem ação antimicrobiana direta e suprimir concorrentes vegetais (KONG et al., 2019). Os aleloquímicos podem ser produzidos por uma diversidade de plantas daninhas, como a tiririca e plantas cultivadas como o girassol que apresenta efeito inibitório sobre as sementes de picão preto (CORSATO, et al., 2010) e o sorgo que tem sido estudado e utilizado em sistemas de plantio com economia de uso de herbicidas químicos (MATOS et al., 2019).

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), é uma planta que apresenta metabolismo C₄ (ANDRADE NETO et al., 2010), que lhe confere grande vantagem competitiva pela tolerância aos estresses abióticos (RAJABI et al., 2020). A cultura do sorgo é conhecida por produzir uma variedade de metabólitos secundários tendo efeitos alelopáticos ou fitotóxicos e, em alguns casos, os efeitos tóxicos podem ser atribuídos a compostos específicos como sorgoleone (GIANCOTTI et al., 2020).

Sorgoleone é um exsudato oleoso acastanhado que contém benzoquinonas lipídicas, que constitui mais de 90% dos componentes hidrofóbicos dos exsudatos da raiz do sorgo (SARR et al., 2020). Inicialmente identificado por Chang et al. (1986), a ação deste composto tem o papel de inibir fortemente a enzima hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD), que interfere na fotossíntese e é imediatamente degradada na presença da microflora do solo (KONG et al., 2019). A biossíntese de sorgoleone é intensa nos pêlos da raiz (GIANCOTTI, 2020), no entanto, esta benzoquinona lipídica pode ser produzida nas folhas e raízes e constantemente é exsudada através dos pelos radiculares (SANTOS et al., 2012).

A produção e liberação de aleloquímicos ocorre durante todo o crescimento das plantas de sorgo (DAYAN et al., 2009). O sorgo apresenta níveis consideráveis de compostos fenólicos totais e da hidroquinona sorgoleone. O sorgoleone corresponde a cerca de 40% do extrato de raiz e esta é a principal substância responsável pela redução da abundância de plantas daninhas como a mostarda-marrom (*Brassica juncea*) e o picão preto (*Bidens pilosa*) (FRANCO et al., 2011; MAJUMDAR et al., 2017).

A exploração de aleloquímicos pode ser de valor particular para o manejo de plantas daninhas, a alelopatia tem sido defendida como alternativa aos herbicidas sintéticos, principalmente nos últimos anos, para o manejo de plantas daninhas em lavouras (PERVEEN et al., 2019). Os aleloquímicos que permanecem presentes na palhada apresentam autotoxicidade, afetando diretamente as plantas daninhas, reduzindo a germinação de sementes, o crescimento e o decréscimo na densidade de plantas (TIBUGARI et al., 2020). Os extratos foliares e exsudatos de raízes de plantas de sorgo tem reduzido em mais de 50% o crescimento da parte aérea de plantas daninhas e espécies susceptíveis como alface e outras (MARCHI et al., 2008; GOMES et al., 2018).

A preocupação com a saúde humana e preservação de recursos ambientais tem fomentado o desenvolvimento de pesquisas para uso de insumos e técnicas agrícolas menos agressivas e sustentáveis. O uso de aleloquímicos em substituição aos herbicidas sintéticos é uma realidade potencial que alicerça uma produção agrícola biorracional e de menor custo (SANTOS et al., 2018; SILVA et al., 2018).

2. OBJETIVO

2.1 Geral

O presente estudo teve como objetivo identificar o efeito herbicida da palhada de sorgo e do extrato de plantas de sorgo.

2.2 Específicos

- Identificar os efeitos das palhadas de sorgo e milho no controle de plantas daninhas.
- Identificar o efeito do extrato aquoso de sorgo na palhada de milho e palhada de sorgo.
- Identificar a ação aditiva que o sorgoleone tem sobre as plantas daninhas.
- Recomendar o uso de extrato de sorgo como bioherbicida no controle de plantas daninhas de folha larga e folha estreita.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Desenho experimental

O trabalho foi conduzido no campo experimental destinado a produção de hortaliças na Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri (Lat. 17° 43' 19'' S, Long. 48° 09' 35'' W, Alt. 773 m). Esta região possui clima Aw, clima tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco (ALVARES et al., 2013). Uma área com dois anos sem cultivo e 12 meses sem uso de herbicidas foi utilizada para plantio das espécies vegetais. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e de textura média, a análise química do solo é demonstrada na Tabela 1. Após a análise do solo, realizou-se a adubação de acordo com recomendações técnicas para a cultura (PROCHNOW et al., 2010).

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental na camada de 0 a 20 cm antes da instalação do experimento em Ipameri- GO, 2021.

Prof.	pH	M.O	P ⁽¹⁾	K ⁽¹⁾	Ca ⁽¹⁾	Mg ⁽¹⁾	H+Al	V%
(cm)	CaCl ²	g/dm ³	mg/dm ³	-----mmolc/dm ³ -----				
0-20	6,1	1,6	6,7	0,45	3,7	1,3	1,1	5,45

⁽¹⁾ Mellich. **Fonte:** Elaboração dos autores

O experimento foi montado seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas com duas parcelas e duas subparcelas, sendo o tratamento principal alocado nas parcelas e constituído pelo plantio de sorgo granífero (DOW 1G100) e milho comum (SHS 7990 PRO3), na safrinha para formação de palhada e nas subparcelas foram colocados os tratamentos secundários referentes a presença e ausência de controle de plantas daninhas com uso de extrato aquoso de sorgo. Foram cinco repetições constituídas de cinco parcelas de 50 cm x 50 cm.

Toda área experimental foi dividida em dois talhões, sendo utilizado um talhão para cultivo de sorgo granífero na safrinha (T₁) em populações de 200.000 plantas por ha⁻¹ e o segundo talhão para cultivo do milho também na safrinha (T₂) em populações de 65.000 plantas ha⁻¹. Foi utilizado junto com a semeadura o adubo MAP Fosfato Monamônico: 11-52-00 na quantidade de 200 kg ha⁻¹. No período da safra ocorreu o plantio da soja em populações com 350.000 plantas por ha⁻¹ nos dois talhões, foi utilizado 120 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl) à lanço aos 30 dias antes da semeadura da soja e junto com a semeadura o adubo MAP Fosfato Monamônico: 11-52-00 na quantidade de 200 kg ha⁻¹. Os tratamentos de controle de plantas daninhas constituíram as subparcelas e consistiram no uso de extrato

aquoso de folhas de sorgo aplicados nas plantas daninhas nos talhões (ES1) e ausência de controle de plantas daninhas (ES0).

A soja variedade FOCO Brasmax, que possui o ciclo de aproximadamente 115 dias, foi semeada no período da safra no dia 29 de outubro de 2021. As sementes foram submetidas ao tratamento com fungicida/inseticida de nome comercial Standak Top e à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* L., na proporção mínima de 12×10^5 células da bactéria por semente. No estágio fenológico R₂ foi aplicado fungicida Orquestra. Não foi realizada a aplicação de herbicida pós-emergente na cultura da soja para que pudéssemos observar o efeito do extrato de sorgo no controle de plantas daninhas.

Os extratos aquosos de sorgo foram obtidos a partir de plantas de sorgo granífero com 30 dias de idade, plantas com parte aérea desenvolvida e cultivadas em condições de campo. As folhas foram lavadas em água corrente, acondicionadas em saco de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar e permanecendo por 72 h a uma temperatura de 70 °C. Após o período de secagem, foram trituradas em moinho tipo martelo e misturadas em etanol na proporção de 3 g para 100 mL de etanol (concentração de 5%), deixando-se por 72 horas a 40°C e posteriormente filtradas (HIEN et al., 2016).

A solução foi utilizada na concentração de 75% do extrato obtido diluído em 25% de água, ou seja, para cada 750 ml do extrato obtido foi acrescido 250 ml de água e, em seguida, aplicado nas plantas utilizando pulverizador costal com válvula dosadora e devidamente calibrado para fornecimento de volume de 150 L/ha. As aplicações do extrato aquoso de sorgo ocorreram em jato dirigido às plantas daninhas em três momentos ao longo do ciclo da soja nos estádios fenológicos V₃, R₁ e R₅. Aos 15 dias após a última aplicação as avaliações foram realizadas na soja e nas plantas daninhas.

3.2 Variáveis morfológicas

3.2.1 Variáveis de crescimento e abundância de espécies de plantas daninhas

Foi feito o levantamento fitossociológico de plantas daninhas, com a ajuda do livro Manual de identificação e controle de plantas daninhas (LORENZ, 2014), e o aplicativo PlantNet. Foram identificadas as espécies, a densidade e o número de espécies das plantas daninhas presentes em todas as parcelas. Neste ensaio foi decidido fazer avaliação da planta daninha dominante que aparece com alta frequência e apresenta tamanho destacado. A altura da planta daninha dominante foi mensurada com trena graduada suspensa do solo até alcançar o ápice da planta daninhas de maior tamanho, o comprimento da raiz e a biomassa da parte aérea da planta daninha dominante foi determinada com a retirada de toda a massa fresca e

colocada em estufa de secagem a 70°C por 72 horas.

3.2.2 Variáveis fisiológicas na planta de soja

As avaliações na soja ocorreram no estágio vegetativo R9, aos 15 dias após a última aplicação de extrato aquoso de sorgo nas plantas daninhas. Para a determinação dos pigmentos fotossintéticos foram coletados dois discos foliares de 0,6 mm de diâmetro cada, em folhas totalmente expandidas e colocados em vidros contendo dimetilsulfóxido (DMSO). Posteriormente, foi feita extração em banho-maria à 65 °C por três horas e a leitura espectrofotométrica a 480, 646 e 665 nm. O conteúdo de clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*) e carotenoides totais (Car) foram determinados seguindo a equação proposta por Wellburn, (1994).

A análise de fluorescência da clorofila *a* será realizada utilizando fluorômetro portátil JUNIOR-PAM (Walz, Germany) no período escuro às 4:00 horas da manhã com emissão de um pulso de luz saturante de 0,3 s, sob frequência de 0,6 KHz, aos 30 dias após a imposição do déficit hídrico. Os dados de fluorescência obtidos serão posteriormente computados utilizando-se o software WinControl-3.

O número de grãos por planta, massa de 1000 grãos e número de vagens foram mensurados na fase reprodutiva R₉ e ajustadas a umidade de 13%. A colheita da parcela útil foi realizada de forma manual.

3.3 Delineamento experimental e procedimentos estatísticos

Foi utilizado para análise estatística o *software* R (R CORE TEAM, 2020), aplicando as seguintes análises: análise de variância e teste de média Newman-Keuls a 5% de probabilidade; análise de regressão múltipla com seleção pelo modelo por *forward stepwise* (SOKAL e ROLF, 1995). Os dados foram submetidos às análises de variáveis canônicas utilizando o *software* Sigmaplot e Statistica (SYSTAT, 2011; STATSOFT, 2007).

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

O levantamento fitossociológico de plantas daninhas em período de safra é demonstrado na Tabela 2. De acordo com Lima et al. (2021), as culturas alelopáticas que são utilizadas como culturas de cobertura como o sorgo, o milheto e a brachiária possuem substâncias que podem ter efeito inibitório na germinação de sementes ou no desenvolvimento das plantas daninhas. Neste estudo é apresentado uma vasta diversidade de plantas daninhas de folha larga e folha estreita nos diferentes tratamentos. Estudos realizados por Uddin et al. (2013), indicam que o crescimento de plantas de folhas largas pode ser inibido em até 70% a 80% com o uso de extrato aquoso de sorgo. No tratamento palhada de milho, nota-se uma diversidade de plantas daninhas, onde 64% são plantas daninhas de folha larga e 36% são plantas daninhas de folha estreita. No tratamento com palhada de sorgo é possível constatar a presença de 54% de folha larga e 46% de folha estreita.

Tabela 2. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em período de safra em área experimental da Universidade Estadual de Goiás, UnU Ipameri.

Palhada de milho	Palhada de sorgo
<i>Bidens pilosa</i> L.	<i>Bidens pilosa</i> L.
<i>Brachiaria</i> (Trin.) Griseb	<i>Brachiaria</i> (Trin.) Griseb
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.
<i>Eleusine indica</i> L. Gaertn	<i>Eleusine indica</i> L. Gaertn
<i>Commelina erecta</i> L.	<i>Commelina erecta</i> L.
<i>Ipomoea nil</i> L.	<i>Ipomoea nil</i> L.
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson
<i>Rhynchelytrum repens</i> Willd	<i>Amaranthus viridis</i> L.
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd	<i>Cenchrus echinatus</i> L.
<i>Commelina erecta</i> L.	<i>Turnera ulmifolia</i> L.
<i>Paspalum conspersum</i> Schrad.	<i>Cassia spectabilis</i> L.
<i>Physalis angulata</i> L.	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.
<i>Tridax procumbens</i> L.	<i>Echinochloa crus-pavonis</i> Kunth.
<i>Stellaria alsine</i> L.	<i>Echinochloa crusgalli</i> L.
<i>Mitracarpus hirtus</i> L.	<i>Miscanthus giganteus</i> Mary H. Meyer
	<i>Euphorbia irta</i> L.
	<i>Cynodon dactylon</i> L.

O resumo da análise de variância e teste de média para densidade de plantas daninhas, número de espécies de plantas daninhas, altura, comprimento de raiz e biomassa da planta daninha dominante avaliada no período de safra de soja é demonstrado na Tabela 3. A densidade de plantas daninhas foi aproximadamente 44% menor em área com palhada de

sorgo em relação ao solo coberto com palhada de milho. Este resultado é indicativo do efeito alelopático de plantas de sorgo por meio da liberação de aleloquímicos no solo conforme relata Matos et al. (2020), em estudos com extrato de sorgo para controle de planta daninha. O número de espécies que representa a diversidade de plantas daninhas foi 22% maior em solo com palhada de sorgo em relação a área com palhada de milho. As parcelas que não receberam pulverização de extrato de sorgo para controle de plantas daninhas tiveram densidade de plantas daninhas aproximadamente 33% menor que as parcelas com pulverização de extrato. Estes resultados indicam que ainda é necessário estudos profundos, como o presente, para elucidação de controvérsias como as apresentadas acima.

Tabela 3. Resumo da análise de variância e teste de média para densidade de plantas (DEN), número de espécies (NE), altura da planta (APD), comprimento de raiz (CRPD) e biomassa (BPD) da planta daninha dominante em solo com palhada de milho (PM) ou palhada de sorgo (PS) com plantas daninhas submetidas ao controle pós emergente com extrato de sorgo (CPE) ou ausência de controle pós emergente com extrato de sorgo (ACPE) em plantio de soja no período de safra. Ipameri, Goiás, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		DEN (Plantas m ⁻²)	NE	APD (cm)	CRPD (cm)	BPD (g)	
Parcela (P) (Palhada)	1	312,6*	11,3*	3591,2*	6,1*	5872,8*	
Erro 1	8	3,4	1,4	137,1	1,3	36,3	
Subparcela (SP) (Extrato)	4	78,9*	4,1 ^{ns}	7840,8*	84,1*	5405,5*	
PxSP	1	7,7 ^{ns}	1,3 ^{ns}	10488,2*	31,3*	6763,1*	
Erro 2	8	6,1	3,2	101,9	4,4	31,7	
Total	19						
CV ₁ (%)		12,9	19,6	16,7	12,1	30,8	
CV ₂ (%)	-	17,2	29,3	14,4	22,2	28,8	
Teste de média: Tipo de palhada							
PM		18,3a	5,3b	-	-	-	
PS		10,3b	6,8a	-	-	-	
Teste de média: Controle pós emergência							
ACPE		12,3b	5,6a	-	-	-	
CPE		18,3a	6,5a	-	-	-	
Interações significativas							
		APD		CRPD		BPD	
		ACPE	CPE	ACPE	CPE	ACPE	CPE
PM		53,4aA	59,6aA	10,8aA	9,2aA	0,5bA	4,4aA
PS		126,0bA	40,6bB	12,2aA	5,6bB	71,5aA	1,9aB

ns= não significativo pelo teste F. *Significativo pelo teste F. As letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas na linha representam ausência de diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

Neste ensaio foi decidido fazer avaliação da planta daninha dominante que aparece com alta frequência e apresenta tamanho destacado e, nesta observação verifica-se que a palhada de sorgo sobre o solo, isoladamente não exerceu efeito negativo no crescimento da planta daninha dominante *Ipomoea nil* L. conhecida como corda-de-viola, no entanto, nota-se que a palhada de sorgo associada com a pulverização com extrato aquoso de folhas de sorgo reduziu a altura, comprimento da raiz e biomassa em 68%, 54% e 97% respectivamente em relação as plantas que não receberam pulverização foliar e estavam sobre a palhada de sorgo. Estes resultados apontam para a existência de controle de plantas daninhas, ação herbicida de extrato de sorgo conforme relata Matos et al. (2020), em ensaio utilizando a mesma metodologia deste estudo, mas para controle de tiririca.

O resumo da análise de variância e teste de média para número de vagens por planta, massa de grãos por planta, número de grãos por planta, concentração de carotenoides totais e índice de clorofila avaliada no período de safra de soja é demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e teste de média em soja para número de vagens por planta (NVP), massa de grãos por planta (MGP), número de grãos por planta (NGP), concentração foliar de carotenoides totais (Car) e índice de clorofila (SPAD) em plantas de soja cultivada em solo com palhada de milho ou sorgo e com plantas daninhas submetidas ao controle pós emergente com extrato de sorgo (CPE) ou ausência de controle pós emergente de extrato aquoso de sorgo (ACPE). Ipameri, Goiás, 2022.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		NVP	MGP (g)	NGP	Car (mmol m ⁻²)	SPAD
Parcela (P)	1	431,2*	71,2*	1614,6*	6.10 ^{-0,00}	204,8*
Erro 1	8	40,9	7,3	263,6	3.10 ^{-0,00}	10,3
Subparcela (SP)	4	37,2 ^{ns}	14,2 ^{ns}	99,9 ^{ns}	1,8.10 ^{-0,00}	2,6 ^{ns}
PxSP	1	28,2 ^{ns}	2,9 ^{ns}	50,1 ^{ns}	6.10 ^{-0,00}	125,0*
Erro 2	8	29,3	12,2	272,0	1.10 ^{-0,00}	4,0
Total	19					
CV ₁ (%)		12,8	11,8	13,6	36,5	7,5
CV ₂ (%)	-	10,8	15,2	13,8	21,1	4,7
Teste de média: Tipo de palhada						
PM		54,7a	24,9a	128,4a	-	-
PS		45,4b	21,1b	110,4b	-	-
Teste de média: Controle pós emergência						
ACPE		51,4a	23,8a	117,2a	-	-
CPE		48,6a	22,1a	121,6a	-	-
Interações significativas						
		Car		SPAD		
		ACPE	CPE	ACPE	CPE	
PM		0,0046bA	0,0038aA	47,9aA	43,6aB	
PS		0,0068aA	0,0038aB	36,5bB	42,2aA	

ns= não significativo pelo teste F. *Significativo pelo teste F. As letras minúsculas iguais nas colunas e

maiúsculas nas linhas representam ausência de diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Newman Keuls.

De acordo com os dados pôde-se constatar que o número de vagens por planta (NVP) foi 17% menor em área coberta com palhada de sorgo em relação ao solo coberto com palhada de milho. A massa de grãos por planta (MGP) teve 15% menos massa de grãos por planta em área coberta com palhada de sorgo em relação ao solo coberto com palhada de milho. O número de grãos por planta (NGP) foi aproximadamente 14% menor em área coberta com palhada de sorgo em relação ao solo coberto com palhada de milho. Resultados semelhantes foram relatados por Biesdorf et al. (2018), os quais, avaliando o efeito do desenvolvimento da soja quanto ao número de vagens por planta em área com matéria seca de sorgo na parte aérea, afetou negativamente a produção da soja, possivelmente pelo efeito alelopático do sorgo que permaneceu ativo no solo. Segundo Pan et al. (2021) e Setyowati et al. (2021), a substância sorgoleone oriunda de plantas de sorgo prejudica a fotossíntese e retarda o desenvolvimento de espécies vegetais. Tibugari et al. (2020), relataram que o próprio sorgo plantado posteriormente sobre a palhada do sorgo apresenta retardo no desenvolvimento, ou seja, autotoxicidade. Dessa forma, o presente ensaio demonstra que a palhada de sorgo exerce ação direta no desenvolvimento e produtividade de plantas de soja.

A interação significativa para as variáveis carotenóides e SPAD pode ser explicada na tabela 4. Quando a soja foi cultivada sobre a palhada de sorgo, a concentração de carotenoides foi 47% superior à soja sobre palhada de milho e a concentração de clorofilas menor. Estes resultados demonstram que de alguma forma a planta de soja desenvolveu mecanismos de proteção quando cultivada sobre palhada de sorgo, isto é indicativo de algum tipo de estresse provocado pelo sorgoleone liberado na palhada de sorgo, pois aumentou carotenoides e reduziu clorofilas. Em adição, salienta-se que quando houve controle pós emergente de plantas daninhas, a soja sobre a palhada de sorgo apresentou 79% menos carotenoides quando comparada com ausência de controle pós emergente. Dessa forma, infere-se que o controle pós-emergente com extrato aquoso de sorgo promoveu controle de plantas daninhas e permitiu a soja desenvolver sem estresse causado pela competição de plantas daninhas por recursos no solo e sobre o solo onde resulta estresse para as plantas cultivadas e consequentemente em perda de produtividade (MATOS et al. 2019).

A análise de regressão múltipla para identificação das variáveis que influenciaram na densidade de plantas daninhas é demonstrada na Tabela 5. Os resultados indicam que a regressão múltipla explica 82% da densidade de plantas daninhas presentes. As variáveis que apresentaram resultados significativos foram, comprimento da raiz (Craiz), altura da planta daninha dominante (APD) e número de espécies. O comprimento da raiz contribuiu

positivamente na densidade de plantas daninhas, quanto maior o comprimento da raiz maior a densidade no solo. A altura de plantas contribuiu negativamente na densidade de plantas daninhas, quanto maior a altura da planta daninha, menor a densidade no solo. A medida que aumenta a altura de planta daninha faz com que ocorra competição por luz, para haver esta competição algumas plantas permanecem sombreadas, por isso a altura de plantas contribui negativamente. Em relação ao número de espécies de plantas daninhas, quanto maior a diversidade de plantas daninhas maior a densidade no solo, pois espécies diferentes possuem exigências diferenciadas e permite maior número de plantas na mesma área.

Tabela 5. Análise de regressão múltipla para identificação das variáveis que influenciaram na densidade de plantas daninhas em solo com palhada de milho ou sorgo e submetidas ao controle pós emergência com extrato aquoso de folhas de sorgo.

Densidade (pts/m ²)	R ² = 0,82		F (10, 9) =4,07		p<0,00005	
	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t (9)	p-level
Intercept			-9.668	16.728	-0.578	0.577
Craiz	0.943	0.286	1.027	0.311	3.300	0.009
Biomassa	-0.082	0.214	-0.042	0.110	-0.381	0.712
APD	-1.937	0.570	-0.397	0.117	-3.397	0.008
Nº espécies	1.035	0.528	0.184	0.094	1.958	0.082

A análise de variáveis canônicas para ordenação das variáveis analisadas é demonstrada na Figura 1. A ordenação representa 99,2% da variação dos resultados apresentados. É possível notar que as variáveis referentes ao desenvolvimento e produtividade de plantas de soja, bem como a maior densidade de plantas daninhas estão alinhadas com a palhada de milho como cobertura do solo, enquanto as variáveis relacionadas a soja foram mais influenciadas pela palhada de sorgo.

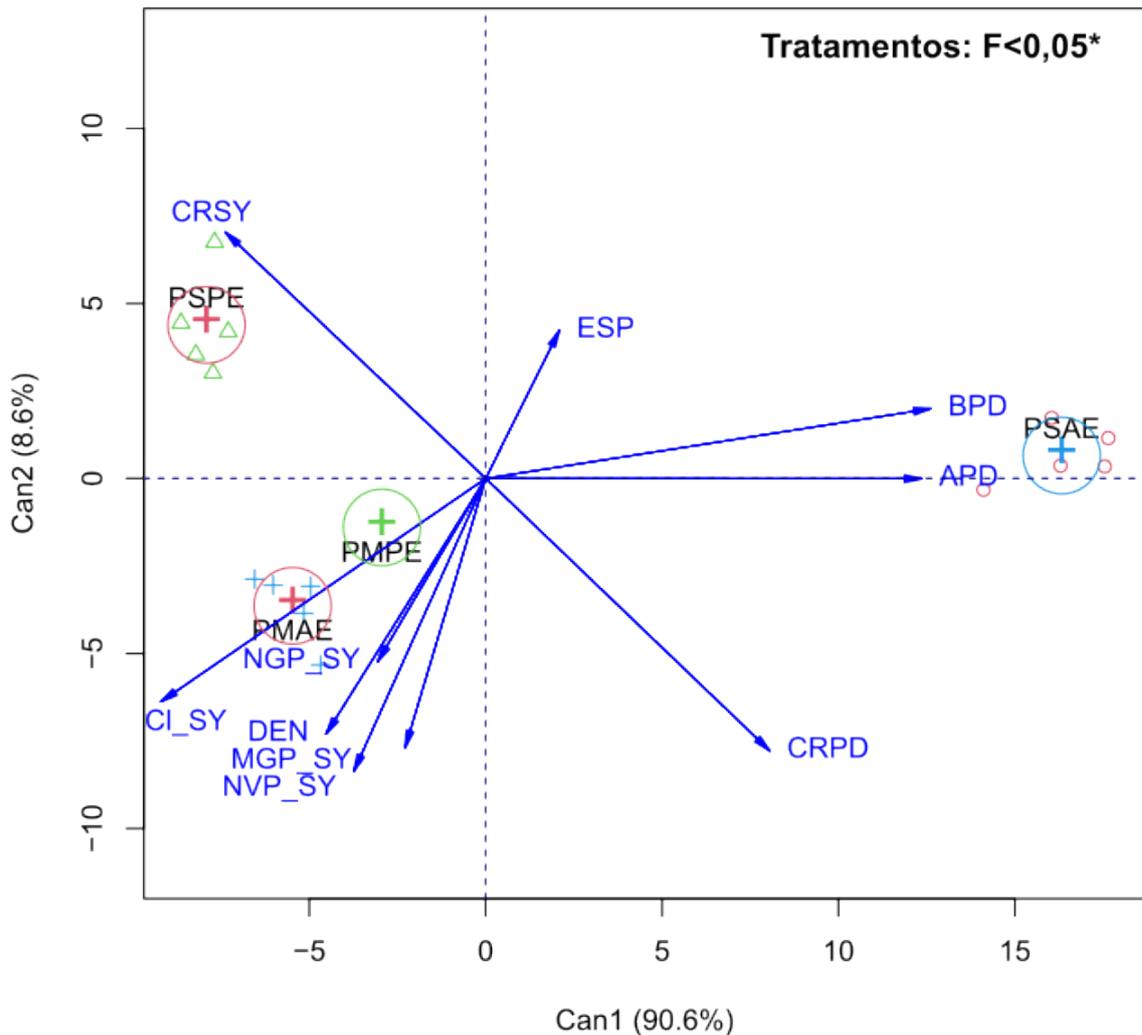


Figura 1. Análise de variáveis canônicas para ordenação dos dados de comprimento de raiz de soja (CRSY), número de grãos por planta, (NGP_SY), massa de grãos por planta (MGP_SY), número de vagens por planta (NVP_SY) e concentração foliar de clorofilas totais em plantas de soja (CI_SY), número de espécies de plantas daninhas (ESP), densidade de plantas daninhas (DEN), biomassa (BPD), altura (APD) e comprimento de raiz (CRPD) da planta daninhas dominante da área experimental com PMAE (Palhada de milho sem extrato); PMPE (Palhada de milho com extrato); PSAE (Palhada de sorgo sem extrato); PSPE (Palhada de sorgo com extrato).

Estes resultados evidenciam a importância do sorgoleone como bioherbicida, pois como a palhada de sorgo tem efeito tóxico para inúmeras daninhas, as poucas espécies que desenvolvem geralmente apresentam características de dominância como sistema radicular robusto em profundidade e elevada altura de parte aérea. Um estudo feito por Mustafa et al. (2019), mostraram redução na porcentagem do sistema radicular e crescimento da parte aérea de algumas plantas devido ao aumento dos níveis de concentração de algum extrato aquoso alelopático de plantas daninhas.

5. CONCLUSÕES

A palhada de sorgo e o extrato foliar de sorgo granífero altera a diversidade e retarda o crescimento de plantas daninhas, além de reduzir a concentração de pigmentos fotossintéticos e comprometer espécies de folha larga e espécies de folha estreita, dessa forma, os aleloquímicos presentes no sorgo possuem ação herbicida com potencial de controle de plantas indesejáveis. Torna-se necessário o desenvolvimento de estudos posteriores para recomendação da dose letal e uso em larga escala numa agricultura bioracional.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade de sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.
- BIESDORF, E. M.; PIMENTEL, L. D.; TEIXEIRA, T. P. M.; TEIXEIRA, M. F. F.; OLIVEIRA, A. B. Efeito inibitório do sorgo granífero da cultura da soja semeada em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.3, p. 445-459, 2018.
- BRAZ, G. B. P.; OLIVEIRA, R. S. D.; CONSTANTIN, J.; RAIMONDI, R. T.; RIBEIRO, L. M.; GEMELLI, A.; TAKANO, H. K. Plantas daninhas como hospedeiras alternativas para *Pratylenchus brachyurus*. **Summa Phytopathologica**, v.42, p.233-238, 2016.
- CARVALHO, L. B. DE., **Plantas Daninhas**, Lages, SC. Edição do autor, 2013, v.1, cap.2, p.6.
- CHANG, M.; NETZLY, D. H.; BUTLER, L. G.; LYNN, D. G. Chemical regulation of the first natural host germination stimulant for *Striga asiatica*. **Journal of the American Chemical Society**, v. 108, n. 24, p. 7858-7860, 1986.
- CORSATO, J.M.; FORTES, A.M.T.; SANTORUM, M.; LESZCZYNSKI, R. Efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de girassol sobre a germinação de soja e picão-preto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p.353-360, 2010.
- DAYAN, F. E.; HOWELL, J. L.; WEIDENHAMER, J. D. Dynamic root exudation of sorgoleone and its in planta mechanism of action. **Journal of Experimental Botany**, v.60, n.7, p.2107-2117, 2009.
- FRANCO, F. H. S.; MACHADO, Y.; TAKAHASHI, J. A.; KARAM, D.; GARCIA, Q. S. Quantificação de sorgoleone em extratos e raízes de sorgo sob diferentes períodos de armazenamento. **Planta Daninha**. v.29, p.953-962, 2011.
- GIANCOTTI, P. R. F.; MARTINS, P. F. R. B.; YAMAUTII M. S.; OLIVEIRA, T. S.; MORO, M. S.; ALVES, P. L. D. C. A. Potencial alelopático de exsudado radicular de sorgo sacarino. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 850-858, 2020.
- GOMES, T. C.; KARAM, D.; MARINHO, C. G. S.; MARTINS, B. A. B.; SIMEONE, M. L. F.; OKUMURA, F. Ação de extratos de sorgo na germinação de sementes de milho, alface e corda-de-viola (*Ipomoea* SP.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 168-176, 2018.
- HIEN, L. T.; PARK, Y. J.; HWANG, J-B.; PARK, S. U.; PARK, K. W. Investigation of appropriate phenolic compound extraction methods for *Sorghum bicolor* (L.) Moench shoot extracts from different cultivars. **Research on Crops**, v. 17, n. 3, p. 479-482, 2016.

KONG, C. H., XUAN, T. D., KHANH, T. D., TRAN, H. D., & TRUNG, N. T. (2019). Allelochemicals and signaling chemicals in plants. **Molecules**, v. 24, n. 15, p. 2737, 2019.

LIMA, A.V; SEMENSATO, I.C. **Efeito alelopático de diferentes plantas utilizadas como cobertura vegetal sobre o sorgo (*sorghum bicolor*)**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação)- Universidade Cesumar, Maringá, Paraná, 2021.

LORENZ.H. **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas**. Editora Plantarum, 2014.

MAJUMDAR, S.; SANWAL, U.; INDERJIT. Interference potential of *Sorghum halepense* on soil and plant seedling growth. **Plant Soil**. v.418, p.219–230, 2017.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; WANG, G.; MCGIFFEN, M. Effect of age of a sorghum-sudangrass hybrid on its allelopathic action. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 707-716, 2008.

MARINHO, J.T de S.; DE ALMEIDA, U. O. Manejo e controle de plantas daninhas. **Embrapa Acre**-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2021.

MATOS, F. S. **Folha seca: Introdução à fisiologia vegetal**. Editora Appris, 2019, cap 16, p. 164-165.

MUSTAFA,G.; ALI. A.; ALI. S.; BARBANTI, L.; AHMAD,M. Evaluation of dominant allelopathic weed through examining the allelopathic effects of four weeds on germination and seedling growth of six crops. **Pakistan Journal of Botany**, v.51, p. 269-278, 2019.

PAN, Z.; BAJSA-HIRSCHL, J.; VAUGHN, J. N.; RIMANDO, A.M.; BAERSON, S.R.; DUKE, S.O. In vivo assembly of the sorgoleone biosynthetic pathway and its impact on agroinfiltrated leaves of *Nicotiana benthamiana*. **New Phytologist**, v.230, p.683–697, 2021.

PERVEEN. S.; YOSUSAF. M.; MUSHTAQ, M. N.; SARWAR. N.; KHAN, M. Y.; NADEEM, S. M. Bioherbicide potential of some allelopathic agroforestry and fruit plant species against *Lepidium sativum*. **Plant Soil and Environment**, v.38, 2019.

PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes. **Instituto Internacional de Nutrição de Plantas**, v. 3, p. 5-35, 2010.

R, CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. [Internet]. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 20 fevereiro de 2022.

RAJABI DEHNAVI, A., ZAHEDI, M., LUDWICZAK, A., PEREZ, C., PIERNIK, A. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. **Agronomy**, v. 10, n. 6, p. 859, 2020.

RODRIGUES, L.D.S. TEIXEIRA, O.S.; FILHO, D.C.A.; BRONDANI, I.L.; MACHADO, D.S.; PEREIRA, L.B.; ADAMS, S.M.; WEISE, M.S. Milho tolerante ao glifosato: interação entre herbicidas pós-emergentes e época de controle das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.2, p. 168 -177, 2019.

SANTOS, A. F.; PAVÃO, T. M. S. J.; ROCHA, T. J. M.; ALVES, H. H. F.; OLIVEIRA, H.

C. A. Análise da produção científica sobre plantas com potencial antioxidante, antimicrobiano e alelopático disponíveis na base Scielo. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 375-394, 2018.

SANTOS, I. L. V. L.; DA SILVA, C. R. C.; DOS SANTOS, S. L.; MAIA, M. M. D. Sorgoleone: benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. **Arquivos do Instituto Biológico**. v. 79, n. 1, p. 135-144, 2012.

SARR, P. S.; ANCO, Y., NAKAMURA, S.; DESHPANDE, S.; SUBBARAO, G. V. Sorgoleone release from sorghum roots shapes the composition of nitrifying populations, total bacteria, and archaea and determines the level of nitrification. **Biology and Fertility of Soils**, v. 56, n. 2, p. 145-166, 2020.

SETYOWATI, N.; NURJANAH, U.; UTAMI, R. S.; MUKTAMAR, Z.; FAHRURROZI, F. Allelopathic effect of sorghum root extract and its potential use as a bioherbicide. **International Journal of Agricultural Technology**, v.17, n.6, p.2317-2332, 2021.

SILVA, E. S. Cenário das pesquisas sobre alelopatia no Brasil e seu potencial como estratégia na diminuição da utilização de pesticidas que provocam poluição ambiental: uma revisão integrativa. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 442-454, 2018.

STATSOFT Inc. STATISTICA (Sistema de Software de Análise de Dados). Versão 7.1.,2007.

SYSTAT SOFTWARE INC. (SigmaPlot version 10.0), San Jose, California, US, 2011.

SOKAL, R. R.; ROLF, F. J. Biometry. Third edition. W. H. Freeman, New York, 1995.

TIBUGARI, H., CHIDUZA, C., MASHINGAIDZE, A. B., MABASA, S. High sorgoleone autotoxicity in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varieties that produce high sorgoleone content. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 37, n. 2, p. 160-167, 2020.

TIBUGARI, H.; MARUMAHOKO, P.; MANDUMBU, R.; MANGOSHO, E.; MANYERUKE, N.; TIVANI, S.; MAGAYA, R.; CHINWA, H. Allelopathic sorghum aqueous extracts reduce biomass of hairy beggarticks. **Cogent Biology**, v. 6, 2020.

UDDIN, M, D. R.; PARK, A. S.U.; DAYANB, F. E.; PYONČY, J. Y. Activity and Persistence of Sorgoleone, a Long-Chain Hydroquinone Produced by *Sorghum bicolor*. **Pest Management Science**, v. 4 p. 363-377, 2013.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology** p. 307-31, 1994.