



Determinação de subdoses de tembotrione no consórcio entre *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri e milho

Determination of tembotrione subdoses in the intercropping between *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri and corn

C. H. L. Silva¹; A. Jakelaitis²; C. E. L. Mello²; J. O. Silva²; F. P. Cunha²

¹Polo Embrapii, Instituto Federal Goiano, 75901-970, Rio Verde – GO, Brasil

²Laboratório de Plantas Daninhas, Instituto Federal Goiano, 75901-970, Rio Verde – GO, Brasil

*carlos.lima1@estudante.ifgoiano.edu.br

(Recebido em 04 de julho de 2025, aceito em 23 de outubro de 2025)

Nos últimos anos, a integração dos sistemas de produção agropecuário vem aumentando exponencialmente em áreas agricultáveis no Brasil. No sistema consorciado com milho, as forrageiras podem ser manejadas com subdoses de herbicidas, a fim de evitar perdas de rendimento das culturas devido à competição estabelecida no período de convivência. Embora seja uma alternativa disponível, estudos com forrageiras difundidas nos últimos anos ainda são escassos na literatura. Nesta pesquisa foram avaliados os efeitos de subdoses do herbicida tembotrione na supressão da forrageira *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, consorciada com milho e como essa associação reflete na dinâmica de plantas daninhas, nos componentes de produtividade do milho e no rendimento da forrageira. O experimento foi realizado em condições de campo em delineamento em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis subdoses de tembotrione (0; 3,78; 7,56; 18,9; 37,8; 75,6 g i.a. ha⁻¹), além do milho em monocultivo. Os resultados indicam que o consórcio entre o milho e a forrageira reduziu a infestação de plantas daninhas. Não foram observadas perdas de rendimento para ambas as culturas durante o período de consorciação. As subdoses de tembotrione não foram suficientes para suprimir o crescimento de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, dado os valores elevados de altura de plantas e rendimento forrageiro, sugerindo que as plantas forrageiras detoxificaram o herbicida aplicado. Destarte, torna-se necessário a realização de estudos relacionados com o ajuste da dosagem de tembotrione, levando em conta as condições climáticas e época de aplicação.

Palavras-chave: inibidores de carotenóides, sistemas integrados de produção, plantas daninhas.

In recent years, the integration of agricultural production systems has been increasing exponentially in arable areas in Brazil. In the intercropped system with corn, forages can be managed with herbicides subdoses in order to avoid crop yield losses due to competition established during the coexistence period. Although it is an available alternative, studies with forages widespread in recent years are still scarce in the literature. This research evaluated the effects of tembotrione subdoses on the suppression of the forage *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, intercropped with corn, and how this association reflects on the dynamics of weeds, on the productivity components of corn and on the yield of the forage. The experiment was carried out under field conditions in a randomized block design, with four replications. The treatments consisted of six tembotrione subdoses (0; 3.78; 7.56; 18.9; 37.8; 75.6 g a.i. ha⁻¹), in addition to corn in monoculture. The results indicate that the intercropping between corn and the forage BRS Zuri reduced weed infestation. No yield losses were observed for either crop during the intercropping period. The subdoses of the herbicide tembotrione were not sufficient to suppress the growth of *Megathyrsus maximus*, given the high values of plant height and forage yield, suggesting that the forage plants detoxified the applied herbicide. Therefore, it is necessary to carry out studies related to the adjustment of the dosage taking into account the climatic conditions and time of application.

Keywords: carotenoid inhibitors, integrated production systems, weeds.

1. INTRODUÇÃO

Em escala global, há crescente preocupação com a intensificação dos sistemas de produção agrícola, uma vez que essas práticas são impulsionadas pela grande utilização de recursos não renováveis que podem prejudicar a sustentabilidade ambiental a longo prazo [1]. Neste contexto,

um dos desafios encontrados dentro dos sistemas agrícolas consiste em equilibrar o aumento da produtividade com a redução das áreas cultivadas [2].

O sistema integrado de produção agropecuária (SIPA), pode ser considerado uma abordagem moderna e conservacionista de cultivos agrícolas em uma mesma área, seja nas modalidades de consórcio, sucessão ou rotação, buscando o sinergismo entre elas [3]. A adoção do SIPA pode possibilitar no decorrer dos anos, maior rentabilidade para o produtor, benefícios ambientais e menor vulnerabilidade da produção, quando comparado às atividades em monocultivo [4].

Nas condições do Cerrado brasileiro, o cultivo simultâneo de culturas graníferas, como o milho (*Zea mays* L.) com forrageiras dos gêneros *Urochloa* spp. ou *Panicum* spp., têm aumentado consideravelmente [5]. Nos últimos dez anos, instituições privadas e públicas têm contribuído para o desenvolvimento de mais de quinze novas cultivares forrageiras melhoradas do gênero *Panicum* spp., das quais, o BRS Zuri [6], evidenciando que essas espécies podem ser alternativas promissoras a serem incorporadas no sistema integrado.

No entanto, quanto maior o número de culturas cultivadas simultaneamente em uma mesma área, mais complexo é o sistema de produção e maior atenção deve-se ter com o manejo. Um dos fatores que podem limitar essa prática, consiste na competição entre as culturas [7]. Assim, a aplicação de subdoses de herbicidas seletivos ao milho pode ser uma estratégia viável para limitar o desenvolvimento inicial da forrageira, reduzindo a competição interespecífica, evitando perdas na produtividade ou na qualidade do produto colhido [8, 9].

Dentre os herbicidas utilizados em pós-emergência na cultura do milho tem-se os inibidores da biossíntese de carotenoides, como o tembotrione. Esse herbicida apresenta ação graminicida e latifolicida, inibindo a enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) [10]. Com a inibição da enzima, cuja função é proteger a clorofila contra o excesso de radiação, ocorre a oxidação da clorofila levando ao branqueamento das folhas atingidas [11]. Porém, mesmo albinas, o crescimento das plantas continua por determinado tempo, até que as reservas energéticas se esgotem, surgindo assim sintomas de necrose e posteriormente à morte da planta [10].

Estudos avaliando o efeito do tembotrione na supressão de forrageiras do gênero *Megathyrsus* spp., em sistema integrado podem contribuir não só com a literatura, como também nortear para estratégias de manejo de forrageiras em sistemas consorciados. Diante do exposto, o objetivo do presente estudo consistiu em avaliar o efeito de subdoses do tembotrione na supressão do *Megathyrsus maximus* cultivar BRS Zuri consorciado com milho, sobre a dinâmica plantas daninhas, variáveis biométricas e produtivas do milho e da forrageira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO, sob as coordenadas 17°80'94" S e 50°90'45" O e altitude de 754 m, cujo solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, com as seguintes características físico-químicas a 0-20 cm: pH (CaCl₂) de 5,0; P de 23,8 mg dm⁻³; K de 133 mg dm⁻³; Ca de 1,57 cmolc dm⁻³; Mg de 0,90 cmolc dm⁻³; Al de 0,06 cmolc dm⁻³; V de 55,9%; MO de 36,1 g dm⁻³ e composição de partículas de 48, 8, 44 dag kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente.

O clima da região é classificado como Aw tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco, segundo Köppen. As médias mensais dos dados climáticos (precipitação, umidade relativa e temperatura), durante o período do estudo [12], apresentam-se na Figura 1.

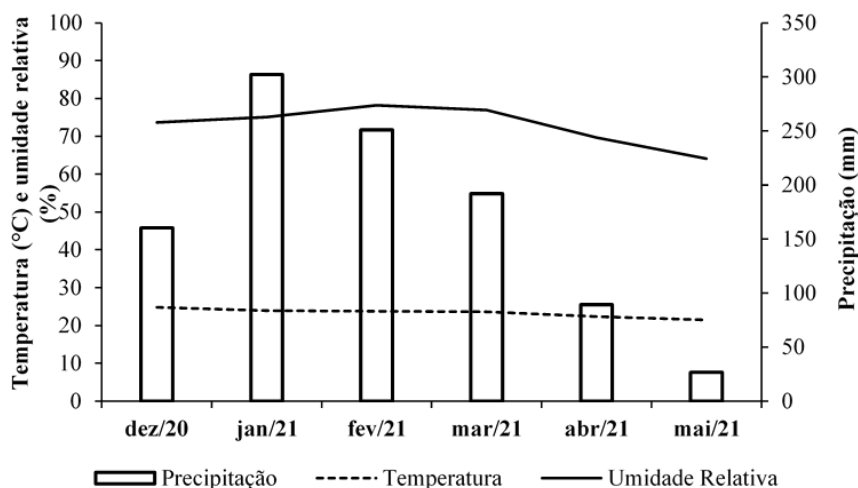


Figura 1. Valores mensais médios de temperatura, precipitação e umidade relativa durante a condução do experimento.

Antes da instalação do experimento a área foi dessecada com o herbicida glifosato (Shadow[®]) na dose de 1.680 g equivalente ácido (e.a.) ha⁻¹, para controlar as plantas daninhas presentes. Após 15 dias da dessecação, preparou-se o solo com aração e gradagem niveladora. Tanto a semeadura do milho quanto da forrageira BRS Zuri ocorreram no dia 19/12/2020.

O híbrido de milho B2360PW (Brevant) foi semeado com auxílio de uma semeadora múltipla de 4 linhas, espaçadas em 0,45 m entre linhas, e uma profundidade de 4 cm, resultando na população de 66.666 plantas ha⁻¹. A adubação no momento da semeadura consistiu em 300 kg ha⁻¹ da formulação 5-25-15 de N-P205-K20. Já a forrageira BRS Zuri foi semeada manualmente a lanço, cuja taxa de semeadura foi de 10 kg ha⁻¹ de sementes com 79% de Valor Cultural (VC).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em seis subdoses do herbicida tembotrione (0; 3,78; 7,56; 18,9; 37,8; 75,6 g i.a. ha⁻¹), da formulação comercial Soberan[®] (420 g L⁻¹), além do milho em monocultivo. As parcelas experimentais foram compostas de oito linhas de cinco metros de comprimento. A área útil, em quem foram realizadas as avaliações, consistiu nas quatro linhas centrais.

A aplicação dos tratamentos ocorreu 20 dias após a emergência (DAE) do milho, momento em que a forrageira se encontrava com 2 a 3 perfilhos. Para a aplicação, utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂. A barra de pulverização era constituída de quatro pontas espaçadas entre 0,5m. A taxa de aplicação foi de 200 L ha⁻¹ e a pressão de trabalho de 2,0 bar. Em todos os tratamentos foi adicionado o herbicida atrazina (Aclamado BR[®]) na dose de 1.500 g i.a. ha⁻¹, a fim de promover principalmente, o controle de plantas daninhas de folhas largas, e assim potencializar o sistema consorciado.

No milho em monocultivo, além do atrazina (Aclamado BR[®]), também foi aplicado o herbicida glifosato (Shadow[®]) na dose de 1.440 g e.a. ha⁻¹. No momento da aplicação, as condições climáticas foram mensuradas com um termo-higro-anemômetro, no qual a umidade relativa do ar era de 45,7%, a temperatura do ar de 28°C e a velocidade do vento de 2,2 m s⁻¹.

Aos 24 DAE do milho (estádio fenológico V4), realizou-se a adubação nitrogenada de cobertura na dose de 150 kg de Nitrogênio. As aplicações com os inseticidas foram: Teflubenzurom (Nomolt[®] - 150 g L⁻¹) na dose 0,15 litros do produto comercial por hectare; Chlorpirifós (Capataz[®] - 480 g L⁻¹) + Teflubenzurom (Nomolt[®] - 150 g L⁻¹) nas doses de 1 litro do produto comercial por hectare e 0,15 litros do produto comercial por hectare e Tiametoxam (Engeo Pleno[®] S - 141 g L⁻¹) na dose de 0,25 litros do produto comercial por hectare, aos 7, 12, 27 DAE, respectivamente, cuja taxa de aplicação foi de 170 L ha⁻¹ em todas as aplicações.

Aos 48 e 112 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos, realizou-se as avaliações fitossociológicas da comunidade de plantas daninhas na área. De forma aleatória, foram coletadas três amostras utilizando um quadrado de 0,25 m², por parcela. As espécies invasoras encontradas dentro do quadrado foram arrancadas do solo, identificadas e quantificadas a nível de espécie. Em

seguida, foram acondicionadas em sacos papel kraft e dispostas em estufa com ventilação forçada de ar com temperatura de 65°C por 72 horas, para posterior pesagem.

As variáveis biométricas da cultura do milho, como altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC) foram mensuradas em cinco plantas aleatórias na área útil das parcelas, no momento do florescimento, aos 64 DAA do tembotrione. Para a altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga foi utilizado uma régua graduada em cm. Para o diâmetro do colmo um paquímetro digital. A altura de plantas foi considerada desde o solo até a folha bandeira e o diâmetro do colmo à altura de 3 cm em relação ao solo.

Aos 130 DAE da cultura do milho foi realizada a colheita das espigas manualmente na área útil (4 linhas de 3 m de comprimento), para quantificar o rendimento de grãos (RG). Para separar os grãos do sabugo, foi utilizado uma trilhadeira, e posteriormente realizou-se a pesagem dos grãos. Cinco espigas por parcela foram retiradas a fim de determinar os componentes de produtividade: número de fileiras por espiga (NFE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de mil grãos (MMG) e número total de grãos (NTG). O RG e a MMG foram corrigidos para 13% de teor de água.

Após a colheita do milho, realizou-se os cortes da forrageira BRS Zuri, cerca de 140 DAE. A forrageira foi cortada com auxílio de cutelo, numa área de 2 m², à 30 cm em relação ao solo, a fim de mensurar o rendimento forrageiro (RF). Posteriormente, o material foi pesado e uma alíquota de 500g foi retirada, levada para laboratório e separadas para determinação da relação folha-colmo (RFC). Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel kraft e dispostas em estufa com ventilação forçada de ar com temperatura de 65°C por 72 horas, para posterior pesagem. Após a pesagem, os valores foram convertidos em ton ha⁻¹. No mesmo momento, realizou-se também a altura da forrageira (AF) com auxílio de uma régua graduada em cm, tendo como base a altura do dossel em dois pontos por parcela.

A avaliação da comunidade de plantas daninhas, foi determinada através da Importância Relativa (IR), calculada pelos índices fitossociológicos de frequência, densidade e dominância [13, 14]. As espécies invasoras listadas de acordo com a sua IR foram nomeadas com base no código EPPO [15]. Já os resultados obtidos para as variáveis do milho, forrageira, densidade e massa seca de plantas daninhas, foram submetidos a análise de regressão, sendo ajustadas de acordo com a simplicidade e o coeficiente de determinação. Previamente, foi verificada a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Registrou-se aos 48 e aos 112 DAA um total de 13 espécies de plantas daninhas, distribuídas em 6 famílias. As espécies encontradas nas duas épocas de avaliação, foram: picão-preto (*Bidens pilosa* - BIDPI), mentrasto (*Ageratum conyzoides* - AGECO), carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum* - ACAHI) e buva (*Conyza bonariensis* - CONBO), pertencentes à família Asteraceae; capim-colchão (*Digitaria horizontalis* - DIGHO), capim-custódio (*Pennisetum setosum* - PENSE), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* - ELEIN), pertencentes à família Poaceae; quebra-pedra (*Phyllanthus niruri* - PHYNI) da família Phyllanthaceae; leiteiro (*Euphorbia heterophylla* - EUPHE) e mamona (*Ricinus communis* - RINCO) pertencentes à família Euphorbiaceae; apaga-fogo (*Alternanthera tenella* - ALTTE) da família Amaranthaceae; trapoeraba (*Commelina benghalensis* - COMBE) da família Commelinaceae e *Sida rhombifolia* (SIDRH) da família da Malvaceae.

Aos 48 DAA, a espécie DIGHO foi a mais predominante na área, apresentando altos valores de IR em todas as doses de tembotrione utilizadas, com valor médio de 64,45% (Tabela 1). Essa espécie é considerada uma das mais agressivas em áreas agrícolas, apresentando alto potencial competitivo, alta produção de sementes, fácil adaptação e dispersão, podendo ser problemática em diversas culturas [16, 17]. As demais espécies apresentaram valores baixos de IR no período avaliado.

Já aos 112 DAA, dentre as espécies evidenciadas, a ALTTE e COMBE foram as mais relevantes, com valores de IR de 46,17 e 28,44, respectivamente (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por Martins et al. (2018) [18], no qual os autores evidenciaram que as espécies ALTTE e COMBE foram as mais predominantes no consórcio de milho com

Urochloa brizantha aos 109 DAA de subdoses de tembotrione, apresentando valores médios de IR de 31,63 e 28,31, respectivamente (Tabela 1). Assim como a DIGHO, tais espécies são dominantes nas áreas agrícolas do Brasil, sendo de difícil controle [19]. A IR demonstra o comportamento e a importância de cada indivíduo dentro da população infestante. A partir dessas avaliações, pode-se acompanhar a dinâmica das espécies invasoras na área cultivada e assim, prever futuras infestações e elaborar melhores estratégias de controle.

Tabela 1. Importância relativa de plantas daninhas avaliadas aos 48 e aos 112 dias após a aplicação (DAA) do herbicida tembotrione.

Espécies	MM	Doses (g i.a. ha ⁻¹)						Média (%)
		0	3,78	7,56	18,9	37,8	75,6	
Aos 48 DAA								
ACAHI*	7.25	0.00	5.27	0.00	9.98	0.00	0.00	3.21
ALTTE	19.31	0.00	0.00	0.00	0.00	18.08	11.18	6.94
BIDPI	9.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33
COMBE	6.84	0.00	2.19	6.98	2.97	33.43	7.57	8.57
DIGHO	7.22	98.18	92.54	63.02	79.73	46.50	63.97	64.45
ELEIN	21.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.12
EUPHE	7.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14
RINCO	20.29	1.82	0.00	29.99	7.32	1.99	17.28	11.24
Aos 112 DAA								
AGECO	7.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07
ALTTE	13.80	58.70	59.47	100.00	65.63	0.00	25.56	46.17
BIDPI	6.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
COMBE	8.45	41.30	40.53	0.00	34.37	0.00	74.44	28.44
CONBO	17.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45
ELEIN	10.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52
PENSE	16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.36
PHYNI	5.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85
RINCO	7.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08
SIDRH	6.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89

**Acanthospermum hispidum* (ACAH), *Ageratum conyzoides* (AGECO), *Alternanthera tenella* (ALTTE), *Bidens pilosa* (BIDPI), *Commelina benghalensis* (COMBE), *Conyza bonariensis* (CONBO), *Digitaria horizontalis* (DIGHO), *Eleusine indica* (ELEIN), *Euphorbia heterophylla* (EUPHE), *Pennisetum setosum* (PENSE), *Phyllanthus niruri* (PHYNI), *Ricinus communis* (RICCO), *Sida rhombifolia* (SIDRH). MM: milho em monocultivo.

Em ambos os períodos de avaliação (48 e 112 DAA), evidencia-se maior IR no milho em monocultivo (Tabela 1). Estes resultados podem ser atribuídos à ausência de cobertura das parcelas pela forrageira BRS Zuri, uma vez que a cobertura vegetal do solo imposta por forrageiras, contribui para o controle cultural das plantas daninhas, reduzindo a emergência e o desenvolvimento das espécies invasoras [20].

Para a densidade de plantas daninhas (Figura 2A), não houve diferença significativa entre as diferentes doses de tembotrione, em ambas as épocas de avaliação. Já a massa seca de plantas daninhas (Figura 2B) apresentou diferença significativa apenas aos 48 DAA, onde observou-se redução linear de 0,07 g m⁻² a cada 1g i.a. ha⁻¹ do herbicida, demonstrando que com o aumento das subdoses houve redução do porte e consequentemente da massa seca das plantas daninhas. Aos 112 DAA não observou diferença estatística para a variável.

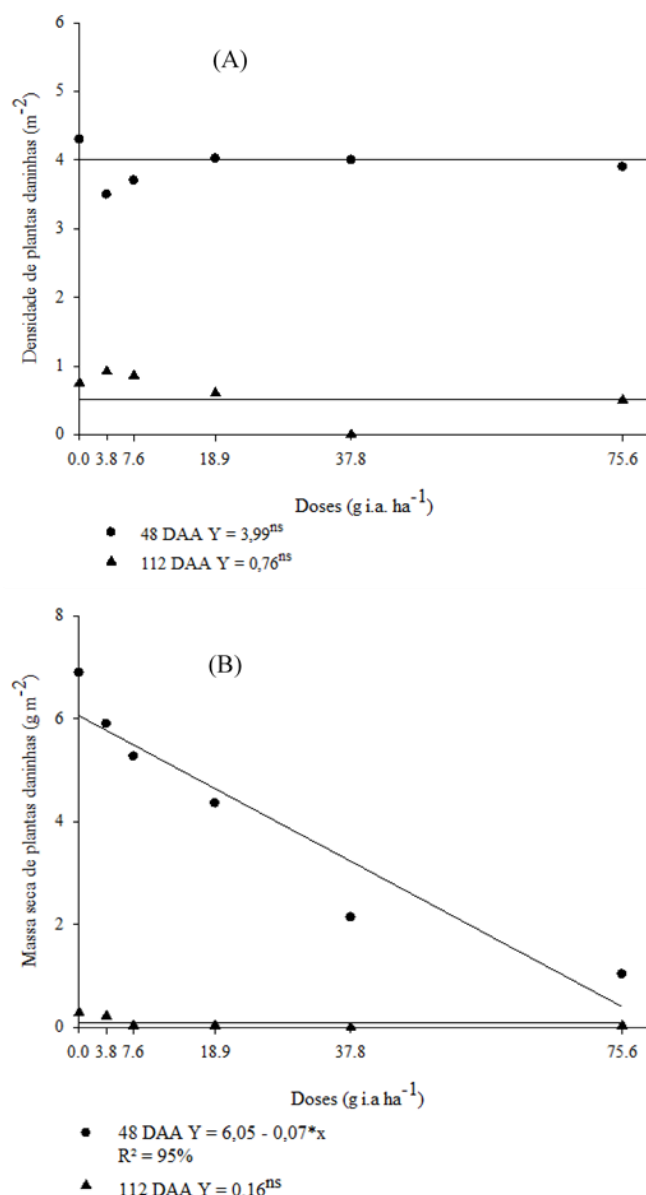


Figura 2. Densidade (A) e massa seca (B) de plantas daninhas aos 48 e 112 DAA do herbicida tembotrione. Densidade de plantas daninhas em MM (48 DAA): 32,25 plantas m^{-2} e (112 DAA): 87 plantas m^{-2} . Massa seca de plantas daninhas em MM (48 DAA): 22,36 $g\ m^{-2}$ e (112 DAA): 95,65 $g\ m^{-2}$. *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p \leq 0.05$). ns: não significativo.

Entretanto, resultados demonstram que o milho em monocultivo apresentou valores altos tanto de densidade, quanto de massa seca, em ambas as épocas de avaliação (Figura 2), quando comparado aos tratamentos onde houve a presença da forrageira. Avaliando subdoses de tembotrione na supressão de *Urochloa brizantha*, consorciada com o milho, Martins et al. (2018) [18], evidenciaram resultados semelhantes ao do presente estudo, no qual a forrageira promoveu o controle cultural, reduzindo a densidade e a massa seca de diferentes espécies de plantas daninhas.

Em três anos de experimentação, Ferreira et al. (2018) [21], evidenciaram que a presença das forrageiras *U. brizantha* e *Megathyrsus maximus* resultou no controle total de diversas espécies de plantas daninhas em áreas do Cerrado, como: *A. tenella*, *A. conyzoides*, *B. pilosa*, *D. horizontalis*, *C. benghalensis*, *E. indica*, também identificadas neste presente estudo. Os autores ainda relatam que a competição por espaço, luz, água e nutrientes, dentre outros fatores combinados, foram determinantes para o efeito supressor das forrageiras.

Em sistemas consorciados com espécies perenes, como a forrageira BRS Zuri, quando bem manejadas, limita a passagem de luz, dificultando as sementes de plantas daninhas, principalmente as fotoblásticas positivas a germinarem [22]. Para Dominschek et al. (2021) [23], tem-se maior supressão de plantas daninhas em sistemas integrados com forrageiras, quando comparado ao sistema em monocultivo da cultura granífera, podendo reduzir ou até mesmo eliminar a aplicação de herbicidas para as culturas em sucessão. Tais resultados evidenciam a importância de se utilizar práticas culturais, como o consórcio, no manejo integrado de plantas daninhas.

Não houve diferença significativa para as variáveis mensuradas na cultura do milho (Tabela 2). Estes resultados indicam que não houve influência da forrageira sobre os componentes de produtividade e nas variáveis biométricas da cultura granífera. Ainda, tais resultados podem estar associados à disponibilidade de água durante o desenvolvimento da cultura (Figura 1).

Tabela 2. Altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), diâmetro do colmo (DC), número de fileiras por espiga (NFE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de mil grãos (MMG), número total de grãos em cinco espigas (NTG) e rendimento de grãos (RG) do milho B2360PW consorciado com *Megathyrsus maximus* cultivar BRS Zuri em função da aplicação de subdoses do herbicida tembotrione.

Variáveis	MM	Doses (g i.a. ha ⁻¹)					Regressão	CV%
		0	3,78	7,56	18,9	37,8		
AP (m)	2.09	2.06	2.09	2.08	2.09	2.08	$\bar{Y} = 2.08^{ns}$	2.5
AE (m)	1.09	1.1	1.11	1.1	1.12	1.12	$\bar{Y} = 1.11^{ns}$	1.19
DC (mm)	25.22	24.54	24.04	23.61	24.18	24.39	$\bar{Y} = 24.04^{ns}$	1.49
NFE	17	16.9	16.95	17.05	17.25	17.3	$\bar{Y} = 17.03^{ns}$	0.87
CE (cm)	16.83	16.38	17.17	16.6	16.65	16.38	$\bar{Y} = 16.73^{ns}$	1.99
DE (mm)	48.08	45.67	48.06	46.86	47.88	46.64	$\bar{Y} = 46.93^{ns}$	1.96
MMG (g)	290	240	261.5	241.2	257.5	231.4	$\bar{Y} = 248.1^{ns}$	7.72
NTG	3018	2904	3034	3004	2980	2977	$\bar{Y} = 2967^{ns}$	4.72
RG (ton ha ⁻¹)	7.683	7.406	7.596	7.558	7.426	7.455	$\bar{Y} = 7.484^{ns}$	2.2

ns – não significativo pelo teste F.

Resultados semelhantes foram observados por Martins et al. (2018) [18], onde também não foram constatadas diferenças significativas para o rendimento do milho consorciado com *Urochloa Brizantha*, manejadas com subdoses de tembotrione. Dessa forma, o consórcio entre milho e forrageiras pode ser considerada uma alternativa viável para a produção de grãos e formação de palhada em sucessão.

As variáveis mensuradas para a forrageira *Megathyrsus maximus* BRS Zuri não apresentaram diferença significativa após a aplicação das subdoses de tembotrione (Tabela 3). Para a altura da forrageira, evidenciou-se que as subdoses do herbicida não afetaram a variável em estudo. Vale ressaltar que a altura da forrageira é um fator relevante a ser considerado no consórcio com culturas granífera, uma vez que quando essa medida excede a altura de inserção da espiga, pode-se interferir de forma negativa o processo de colheita mecanizada dos grãos.

Tabela 3. Altura da forrageira *Megathyrsus maximus* cultivar BRS Zuri (AF), relação folha-colmo (RFC) e rendimento forrageiro (RF) em função da aplicação de subdoses do herbicida tembotrione, em sistema consorciado com o milho.

Variáveis	Doses (g i.a. ha ⁻¹)						Regressão	CV%
	0	3,78	7,56	18,9	37,8	75,6		
AF (m)	1,98	1,96	1,99	1,98	1,97	1,99	$\bar{Y} = 1,98^{ns}$	1,58
RFC	0,88	0,89	0,91	0,85	0,87	0,91	$\bar{Y} = 0,88^{ns}$	2,45
RF (t ha ⁻¹)	13,27	13,31	13,23	13,29	13,24	13,32	$\bar{Y} = 13,27^{ns}$	1,28

ns – não significativo pelo teste F.

O sombreamento promovido pela competição intra e interespecífica dentro das parcelas, uma vez que menor a incidência de luz promove maior a taxa de alongamento dos colmos [24], podem explicar esses os resultados supracitados. De acordo com Januszkiewicz et al. (2021) [25], a baixa luminosidade, faz com que as forrageiras realoquem suas folhas para estratos mais altos, com objetivo de captar a luz solar de forma mais eficiente, e consequentemente, resulta no aumento da altura.

Outros fatores que podem estar associados, consistem no período em que a forrageira esteve presente na área, cerca de 120 DAE e de suas características morfológicas. Oliveira et al. (2019) [26], evidenciaram que a forrageira *Megathyrsus maximus* BRS Zuri apresentou maior valor de altura, quando comparado ao *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia e *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça, com valor de aproximadamente 1,50 m e que isto é uma característica comum da cultivar.

Para a relação folha-colmo da forrageira, semelhante aos evidenciados para a altura da forrageira, estes resultados podem ser explicados pelo fato de que houve sombreamento dentro das parcelas, fazendo com o que as plantas emitissem mais colmos do que folhas. Observa-se nos resultados do presente estudo que a relação folha-colmo apresentou valores críticos, ou seja, valores inferiores a 1 (Tabela 3), o que pode influenciar negativamente a colheita dos grãos de milho, a formação de palhada e a eficiência do pastejo animal. Outro fator que pode estar relacionado com os altos valores de relação folha-colmo consiste no estágio de florescimento da forrageira. Durante o experimento, o início da floração precoce promoveu a indução do alongamento do colmo, o que contribui para a redução da relação folha-colmo.

Para o rendimento forrageiro, os resultados indicam que as subdoses do herbicida não afetaram negativamente esta variável, sugerindo seletividade do herbicida para a forrageira nas doses testadas e na fase fenológica que a forrageira se encontrava no momento da aplicação. Além disso, os altos valores de rendimento podem estar relacionados as características morfológicas da forrageira, concomitante ao plantio e desenvolvimento na época das chuvas (Figura 1) e ao crescimento livre e vigoroso durante todo período de condução do experimento. Ainda, pode-se inferir que a cultura do milho não exerceu efeito competitivo sobre a forrageira.

No estudo de Oliveira et al. (2019) [26], os autores relatam que a forrageira *Megathyrsus maximus* BRS Zuri, após 60 dias de rebrota, apresentou rendimento de 18,29 t ha⁻¹, quando comparado as forrageiras Tanzânia e Mombaça, que obtiveram 10,27 e 11,73 t ha⁻¹, respectivamente, reforçando seu potencial produtivo. Ainda segundo os autores, essa forrageira apresenta características de alta capacidade de produção de forragem, rebrota vigorosa, agressividade e adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, atributos esses que contribuem para corroborar tais resultados.

Os resultados evidenciados para as variáveis mensuradas na forrageira podem ser explicados tanto pelas subdoses testadas, o que em resumo pode facilitar a capacidade de algumas espécies de gramíneas tolerarem tais doses, conforme apontado neste estudo, como pela habilidade de gramíneas metabolizarem a molécula e se recuperarem do estresse oxidativo causado pela ação do herbicida.

As gramíneas apresentam diferentes níveis de atividade enzimática e diversidade de isoformas do citocromo P450 [10], o que pode ter contribuído para a reposta da cultivar *Megathyrsus maximus* BRS Zuri às subdoses do tembotrione, cuja recuperação das plantas, mesmo após apresentarem sintomas na maior dose (75,6 g i.a. ha⁻¹) e sem sintomas nas demais, provavelmente deveu-se a metabolização do herbicida via hidroxilação [27].

Algumas gramíneas têm a capacidade de detoxificar o tembotrione principalmente pela ação da hemoproteína citocromo P450 e de enzimas de detoxificação, como a *glutathione S-Transferase*, oxidases e peroxidases. Essas enzimas desempenham papel fundamental no metabolismo de herbicidas de pelo menos seis famílias químicas [28]. As plantas também contêm eliminadores de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) não enzimáticos, como o ascorbato, tocoferóis, glutathione, prolina, carotenoides, ácidos fenólicos e flavonoides, localizados em diferentes compartimentos celulares [29].

A seletividade deste herbicida para o milho é mediada pela ação da hemoproteína citocromo P450 monooxigenase, em reações de hidroxilação e glioxilação capaz de detoxificá-lo rapidamente, transformando-o em compostos não-fitotóxicos. Já em as plantas daninhas

resistentes à molécula, observou-se além da detoxificação, a metabolização associada ao aumento da expressão do gene HPPD [27]. No entanto, sabe-se que a confirmação da metabolização do herbicida pela forrageira *Megathyrsus maximus* BRS Zuri via hidroxilação, mediada pelo citocromo P450 ou outras enzimas, depende da realização de estudos envolvendo metabolismo vegetal e identificação dos metabólitos após pulverização.

Diante dos resultados, sugere-se a realização de novas pesquisas em condições metodológicas diferentes como doses mais concentradas, época de aplicação dos herbicidas em estádio fenológico mais precoce da forrageira, condições climáticas distintas, além de estudos referentes a detoxificação do herbicida por gramíneas forrageiras.

4. CONCLUSÃO

A forrageira *Megathyrsus maximus* BRS Zuri exerceu o controle cultural sobre a comunidade infestante, uma vez que houve redução nos valores das variáveis avaliadas nas plantas daninhas. Não houve competição interespecífica entre as culturas consorciadas, e consequentemente, os rendimentos não foram afetados no período de convivência.

Em decorrência da tolerância da cultivar *Megathyrsus maximus* BRS Zuri ao herbicida tembotrione, nenhuma das subdoses aplicadas foram suficientes para suprimir o crescimento da forrageira.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, pela estrutura e suporte disponibilizados e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro para realizar este estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lemaire G, Franzluebbers A, de Faccio Carvalho PC, Dedieu B. Integrated crop–livestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agric Ecosyst Environ.* 2014;190:4-8. doi: 10.1016/j.agee.2013.08.009
2. Roesch-McNally GE, Arbuckle JG, Tyndall JC. Barriers to implementing climate resilient agricultural strategies: the case of crop diversification in the US Corn Belt. *Glob Environ Change.* 2018; 48:206-15. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2017.12.002
3. Silva PLFD, Oliveira FPD, Martins AF, Tavares DD, Amaral AJD. Fertility, carbon stock and aggregate stability of an Alfisol under integrated farming systems. *Pesq Agropec Trop.* 2021;51:e66128. doi: 10.1590/1983-40632021v5166128
4. Carvalho PCF, Peterson CA, Nunes PAA, Martins AP, de Souza Filho W, Bertolazi VT, et al. Animal production and soil characteristics from integrated crop–livestock systems: toward sustainable intensification. *J Anim Sci.* 2018 Jun;96(8):3513-25. doi: 10.1093/jas/sky085
5. Reis JC, Rodrigues GS, de Barros I, Rodrigues RDAR, Garrett RD, Valentim JF, Smukler S. Integrated crop–livestock systems: a sustainable land-use alternative for food production in the Brazilian Cerrado and Amazon. *J Clean Prod.* 2021;283:124580. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124580
6. Cruvinel AG, Gonçalo TP, Moraes KL, Pereira BCS, de Sousa JVA, de Andrade DN. Effects of herbicide underdoses on the vegetative development of *Panicum maximum* cultivars. *Científica.* 2021;49:121-7. doi: 10.15361/1984-5529.2021v49n2p121-127
7. da Silva PCG, Tiritan CS, Echer FR, dos Santos Cordeiro CF, Rebonatti MD, dos Santos CH. No-tillage and crop rotation increase crop yields and nitrogen stocks in sandy soils under agroclimatic risk. *Field Crops Res.* 2020;258:107957. doi: 10.1016/j.fcr.2020.107957
8. Freitas MAM, Silva DV, Guimarães FR, Leal PL, de Souza Moreira FM, da Silva AA, et al. Biological attributes of soil cultivated with corn intercropped with *Urochloa brizantha* in different plant arrangements with and without herbicide application. *Agric Ecosyst Environ.* 2018;254:35-40. doi: 10.1016/j.agee.2017.11.014
9. Martins DA, Jakelaitis A, Pereira LS, Moura LMF, Guimarães KC. Intercropping between corn and *Urochloa brizantha* managed with mesotrione underdoses. *Planta Daninha.* 2019;37:e019203864. doi: 10.1590/S0100-83582019370100117

10. Grossmann K, Ehrhardt T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. *Pest Manag Sci.* 2007;63(5):429-39. doi: 10.1002/ps.1352
11. Godar AS, Varanasi VK, Nakka S, Prasad PV, Thompson CR, Mithila J. Physiological and molecular mechanisms of differential sensitivity of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to mesotrione at varying growth temperatures. *PLoS One.* 2015;10(6):e0126731. doi: 10.1371/journal.pone.0126731
12. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Informações sobre as condições climáticas em Rio Verde – GO. Brasília (DF): INMET; 2023 [acesso em 13 fev 2023]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>.
13. Pitelli RA. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. *J Conserv.* 2000;1:1-7.
14. Mueller-Dombois D, Ellenberg H. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley & Sons; 1974.
15. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). Global database [Internet]; 2023 [citado em 1 mar 2023]. Disponível em: <https://gd.eppo.int/photos/plantae>.
16. da Silva DA, Alves de Albuquerque JDA, Arcanjo Alves JM, Ribeiro Rocha PR, Dantas de Medeiros R, Finoto EL, et al. Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto. *Sci Agropecuaria.* 2018;9:7-15. doi: 10.17268/sci.agropecu.2018.01.01
17. Lima SF, Timossi PC, Almeida DP, da Silva UR. Fitossociologia de plantas daninhas em convivência com plantas de cobertura. *Rev Caatinga.* 2014;27(1):37-47.
18. Martins DA, Tavares CJ, Jakelaitis A, Sousa JB, da Silveira Maia VM, de Sousa RJ, et al. Management of the consortium between maize and *Urochloa brizantha* with tembotrione subdoses. *Rev Bras Cienc Agrar.* 2018;13(2):1-9. doi: 10.5039/agraria.v13i2a5550
19. Miranda DA, da Silva Santos RT, Bacha AL, de Souza Rodrigues J, Alves PLCA, Kuva MA. Estudo de seleção da comunidade infestante por herbicidas utilizando técnicas de análise multivariada. *Rev Bras Herbicidas.* 2020;19:e03032. doi: 10.7824/rbh.v19i1.703
20. Schuster MZ, Lustosa SBC, Pelissari A, Harrison SK, Sulc RM, Deiss L, et al. Optimizing forage allowance for productivity and weed management in integrated crop–livestock systems. *Agron Sustain Dev.* 2019;39:20. doi: 10.1007/s13593-019-0568-2
21. Ferreira ACDB, Borin ALDC, Bogiani JC, Lamas FM. Suppressive effects on weeds and dry matter yields of cover crops. *Pesq Agropec Bras.* 2018;53(5):566-74. doi: 10.1590/S0100-204X2018000500008
22. Ryan MR, Crews TE, Culman SW, DeHaan LR, Hayes RC, Jungers JM, et al. Managing for multifunctionality in perennial grain crops. *BioScience.* 2018;68(4):294-304. doi: 10.1093/biosci/biy014
23. Dominschek R, Barroso AAM, Lang CR, de Moraes A, Sulc RM, Schuster MZ. Crop rotations with temporary grassland shifts weed patterns and allows herbicide-free management without crop yield loss. *J Clean Prod.* 2021;306:127284. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127284
24. Paciullo DSC, Gomide CDM, Castro CD, Maurício RM, Fernandes PB, Morenz MJF. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. *Grass Forage Sci.* 2017;72(4):590-600. doi: 10.1111/gfs.12269
25. Januszkiewicz ER, Paiva LM, Fernandes HJ, Fleitas AC, Duarte CFD, Biserra TT, et al. Structure and nutritional value of BRS Zuri grass under shading. *Rev Bras Saúde Prod Anim.* 2021;22:e022031. doi: 10.1590/S1519-994020212203031
26. Oliveira JDS, Emerenciano Neto JV, Difante GDS, Lista FN, Santos RDS, Bezerra JDDV, et al. Structural and productive features of *Panicum* cultivars submitted to different rest periods in the irrigated semiarid region of Brazil. *Biosci J.* 2019;35(3):682-90. doi: 10.14393/BJ-v35n3a2019-42090
27. Nakka S, Godar AS, Wani PS, Thompson CR, Peterson DE, Roelofs J, et al. Physiological and molecular characterization of hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD)-inhibitor resistance in Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* S. Wats.). *Front Plant Sci.* 2017;8:555. doi: 10.3389/fpls.2017.00555
28. Barrett, M. Metabolism of herbicides by cytochrome P450 in corn. *Drug Metabolism and Drug Interactions.* 1995;12(3-4):299-315.
29. Caverzan A, Piasecki C, Chavarria G, Stewart Jr CN, Vargas L. Defenses against ROS in crops and weeds: the effects of interference and herbicides. *Int J Mol Sci.* 2019 May;20(5):1086. doi: 10.3390/ijms20051086