

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

André Abrão Vacari

**Controle químico de plantas daninhas em ambiente sob suplementação luminosa
estabelecida em pivô central**

Monte Carmelo – MG

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

André Abrão Vacari

**Controle químico de plantas daninhas em ambiente sob suplementação luminosa
estabelecida em pivô central**

Plano de Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado ao curso de Agronomia,
Campus Monte Carmelo, da Universidade
Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Edson Aparecido
dos Santos

Monte Carmelo – MG

2023

André Abrão Vacari

**Controle químico de plantas daninhas em ambiente sob suplementação luminosa
estabelecida em pivô central**

Plano de Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado ao curso de Agronomia,
Campus Monte Carmelo, da Universidade
Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Edson Aparecido dos
Santos

Monte Carmelo, 30 de junho de 2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. Edson Aparecido dos Santos
Orientador

Prof^ª. Dr^ª. Andressa Giovannini Costa
Membro da Banca

Prof. Dr. Ernane Miranda Lemes
Membro da Banca

**Monte Carmelo - MG
2023**

“Aquele que se empenha a resolver as dificuldades resolve-as antes que elas surjam. Aquele que se ultrapassa a vencer os inimigos triunfa antes que as suas ameaças se concretizem.”

Sun Tzu

À minha Mãe Silvia, por ser exemplo de resiliência, fé e honestidade. Mãe;
seus cuidados e dedicação foram imprescindíveis para este momento.
À minha Irmã Lara, por ser exemplo de persistência, fé e honestidade. Vocês
duas me ensinaram valores de fé e bondade, por serem exemplo de caráter e
humildade...

Dedico.

Certamente, esta etapa da minha vida não estaria completa sem vocês, meus
avós Maria Elena e Clóvis, meu tio Eduardo, e minha companheira Natacha. Obrigado!!

AGRADECIMENTOS

A Deus. Separados somos fortes, juntos somos imbatíveis. Obrigado a todos que de uma maneira ou outra fizeram parte deste projeto.

À Universidade Federal de Uberlândia, que por meio dos servidores, me forneceu todo apoio em todo período da graduação;

Ao CNPq, pelo fomento para o desenvolvimento dos trabalhos;

Ao grupo Fienile por acreditar e investir em pesquisa;

Ao professor Dr. Edson Aparecido do Santos, pela brilhante e exemplar orientação, pelos conselhos extra-acadêmico, por todo conhecimento adquirido e pela amizade;

Aos meus companheiros de trabalho, Felipe Ademar Souza Cardoso, Danilo Pires Ferreira e Renato Aurélio de Menezes Freitas, pelo companheirismo, eficiência e disposição nas dificuldades enfrentadas durante o trabalho;

Aos amigos e amigas que durante a graduação fizeram parte deste momento.

Sumário

1.	Introdução	9
1.1.	Herbicidas	Erro! Indicador não definido.
1.2.	A cultura do milho.....	10
1.3.	Suplementação de luz na agricultura	Erro! Indicador não definido.
2.	Objetivos.....	11
2.1.	Objetivo geral	11
2.2.	Objetivos específicos.....	14
3.	Revisão de Literatura.....	12
4.	Material e Métodos.....	18
4.1.	Herbicidas pré-emergentes no ambiente com preparo convencional do solo.....	21
4.2.	Controle químico de plantas daninhas em milho sob suplementação luminosa.....	22
5.	Resultados e discussão.....	23
5.1.	Herbicidas pré-emergentes no ambiente com preparo convencional do solo.....	23
5.2.	Controle químico de plantas daninhas em milho sob suplementação luminosa.....	29
6.	Conclusões.....	36
7.	Referências bibliográficas	35

Resumo: Objetivou-se avaliar parte da dinâmica de herbicidas em área de pivô central de irrigação suplementada com luz artificial à noite, utilizando-se de fontes luminosas instalados na em pivô. Foram realizados dois experimentos em área de plantio de milho. No primeiro experimento, os tratamentos foram compostos somente por herbicidas pré-emergentes. No segundo experimento, os tratamentos foram compostos por herbicidas pós-emergentes e pré-emergentes, não havendo parcelas sem aplicação de herbicidas. Os experimentos foram conduzidos em área de pivô central de irrigação, em Monte Carmelo, MG, no ano de 2021. Nas áreas, o solo foi preparado com aração e gradagem e as parcelas experimentais foram montadas com 8,0 m² (2 x 4 m) em faixas com parcelas subdivididas no espaço e com 4 repetições. Com relação ao fator suplementação de luz, foram instalados painéis de LED no pivô central que forneceram luzes vermelhas (59%), verdes (33%) e azuis (8%) todos os dias, por aproximadamente 20 minutos, em período compreendido entre 20h00min e 05h00min. A suplementação foi fornecida de acordo com a rotação do pivô. Foram realizadas avaliações de controle (notas de 0 a 10) por três épocas: 10, 20 e 30 dias após a aplicação dos produtos. Aos 10 dias após as pulverizações, a suplementação luminosa não influenciou os resultados de controle, porém, aos 20 e 30 dias após, foram observadas menores notas de controle nas parcelas sob a suplementação luminosa. Ao final das avaliações, o controle nas parcelas sob a luz foi aproximadamente 15% inferior, além disso, para atrazine, s-metolachlor e sulfentrazone os controles foram inferiores nas parcelas sob luz em 18, 16 e 29%, respectivamente. Por outro lado, o indaziflam apresentou os mesmos dados de controle durante o prazo. O rendimento de grãos foi maior para atrazine+s-metolachlor/glyphosate 61% e tembotrione 70%. A suplementação luminosa influenciou positivamente a produção de milho e afetou o poder residual de herbicidas.

Palavras-chave: *Light-Emitting Diode*, Pivô central, Plantas daninhas

1. Introdução

Plantas daninhas, ervas daninhas, plantas invasoras, plantas infestantes, dentre outros nomes, são espécies vegetais que interferem negativamente em qualquer atividade antrópica. Um exemplo desta atividade é o agronegócio. A ocorrência nas lavouras por plantas indesejadas é sinônimo de prejuízo, que consequentemente diminui o crescimento, desenvolvimento e a produtividade, ocasionando o aumento dos custos da produção.

Os métodos para controle de plantas daninhas se dividem didaticamente em preventivo, cultural, mecânico, físico, biológico e químico. Desse modo, a integração dos métodos de controle é de suma importância para a eficácia do manejo, tratando-se da diminuição de interferência das plantas daninhas e propágulos visando a redução gradativa nas infestações em relação às culturas implantadas futuramente (CONSTANTIN, 2011).

O método de controle de plantas daninhas amplamente adotado é o químico. Que se destaca por ser economicamente acessível, substitui ou reduz mão de obra, permite aplicação rápida e eficaz e está relacionado a altas produtividade (SALOMÃO; FERRO; RUAS, 2020).

Herbicidas são classificados com base no mecanismo de ação, na seletividade, na translocação na época de aplicação, dentre outras. A época de aplicação dos herbicidas é de extrema importância e o conhecimento da ecofisiologia da planta é fundamental para diminuição dos impactos negativos. Os herbicidas pré-emergentes são aplicados antes da emergência da planta daninha. Já os herbicidas pós-emergentes são aplicados após a emergência das plantas daninhas e antes que ocorra a interferência no desenvolvimento na cultura (OLIVERA JR, 2011; SILVA NETO, 2020).

Acrescenta-se também o entendimento dos fatores que impactam a eficácia dos produtos. A necessidade de sintetizar o conhecimento dos fatores ambientais como temperatura e umidade relativa do ar, além do nível de irradiância, que afetam características morfológicas e fisiológicas das plantas e impactam ação dos herbicidas. Um exemplo é a deposição de substâncias lipofílicas sobre a superfície foliar (CIESLIK; VIDAL; TREZZI, 2013).

A cultura do milho (*Zea mays* L.) tem grande importância econômica e social. Econômica, pelo volume, valor nutricional dos grãos e diversidade de uso, como em alimentação humana e animal e como matéria-prima para a indústria. Social, por ser um alimento de baixo custo, pela viabilidade de cultivo tanto em grande quanto em pequena escala e por ser a base de várias cadeias agroindustriais, como a da carne. Neste sentido, o milho é um

dos principais cereais cultivados em todo o mundo e é o segundo grão mais cultivado no território brasileiro (FERNANDES, 2022).

Dos fatores que podem afetar a cultura do milho, os estresses climáticos no qual a planta de milho é submetida podem ocasionar queda de produção, bem como a interferência de insetos-pragas doenças e plantas daninhas (CHIOVATO et al., 2007). O método de controle de plantas daninhas mais utilizados na cultura do milho é químico, por meio de herbicidas posicionados em pré e pós-emergência das plantas daninhas. Embora muito se tenha estudado com relação ao período de controle, aos métodos de controle, ao dano econômico e à ecofisiologia, as plantas daninhas exigem muita atenção quanto ao convívio em área de milho (KOZLOWSKI, 2002; PROCÓPIO et al., 2004).

Com isso um dos desafios dos profissionais da agricultura está relacionado às tentativas de se manipular ou conviver com as adversidades do clima. Dentre estratégias recentes para otimização dos processos de produção vegetal está a suplementação luminosa às plantas. Pode ser citado como vantagem o controle do sistema de iluminação com espectros específicos de luz, que promovem aumento da fotossíntese e rendimento quântico da planta em condições de baixa oferta natural de luz (PINHEIRO, 2016).

O uso de luz artificial na agricultura tem como princípio o fornecimento de iluminação de forma suplementar de alta eficiência, pois, permite uma distribuição uniforme por toda área foliar em período em que ocorre baixa luz natural (CHOONG et al., 2018).

As plantas são seletivas quanto à absorção dos comprimentos de onda da radiação solar. O espectro de luz interceptado pelo dossel das plantas varia entre a banda do azul, banda do vermelho e banda do verde, sendo 400 a 500, 610 a 720 e 620 a 750 nanômetros (nm) respectivamente, que desempenham funções importantes na morfogênese foliar como à formação do aparato fotossintético, acúmulo de carboidratos e síntese de compostos químicos. A luz impacta fortemente o crescimento vegetativo, floração e brotação e gera o maior rendimento energético (KOBORI, 2020; MEDELO, 2021).

A suplementação luminosa é estudada em sua maioria em ambientes controlados. No campo, a qualidade da luz é alterada precocemente pelas folhas do dossel e atua com um sinal importante entre as plantas da comunidade na busca de adaptação e definição de hierarquia em função dos recursos disponíveis no ambiente.

A dinâmica de plantas daninhas em comunidade também pode ser alterada pelos efeitos da qualidade e oferta da luz em interação com as práticas de manejo da cultura. A menor sensibilidade aos efeitos da qualidade da luz em genótipos selecionados com herbicidas, em comparação com populações de ambientes naturais ou de rotação de culturas (LAZZARINI et

al., 2017). Um biótipo resistente a herbicida também pode apresentar maiores vantagens competitivas, devido à menor sensibilidade aos efeitos iniciais da competição na comunidade (AIUB et al., 2000; WEINIG 2000). Dessa forma, é possível que a suplementação luminosa altere a dinâmica de controle de plantas daninhas por herbicidas.

Novas práticas agrícolas proporcionam rendimento maior para as culturas. Com o avanço da tecnologia a suplementação luminosa tende a melhorar o desempenho e otimização de uso. O estudo de suplementação luminosa na agricultura é escasso e parâmetros como o comprimento de onda, ângulo de dispersão dos fótons e a irradiância devem ser estudados. Visto que a utilização desta tecnologia é promissora na agricultura, faz-se necessário estudos de uso em campo.

Como hipótese deste estudo é possível que o controle químico de plantas daninhas, por herbicidas pré e pós-emergentes, seja afetado pela suplementação luminosa em Led em solo preparado.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Avaliar o controle químico de plantas daninhas em ambiente submetido à suplementação de luminosa.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar o controle de plantas daninhas pelos herbicidas ametryn, indaziflam, atrazine, s-metolachor, sulfentrazone, tembotrione e glyphosate em ambiente submetido à suplementação de luz de Led via pivô de irrigação.

Avaliar aspectos produtivos do milho tratado com herbicidas pré e pós-emergente em ambiente submetido à suplementação luminosa.

Revisão de literatura

3.1 Manejo de plantas daninhas

A germinação de plantas é um dos mais importantes estádios do biociclo vegetal. Processos físicos e metabólicos levam à complexa retomada do crescimento embrionário, terminando com a protusão da radícula através do tegumento da semente. Estudos dos fatores ambientais que contribuem para germinação de espécies de plantas daninhas têm sido realizados para o correto posicionamento de herbicidas quando objetiva-se controlar plantas daninhas. Dentre os fatores, um de grande destaque é a luz. A luz contribui de diversas formas para a germinação de sementes. A intensidade, o comprimento de onda o fotoperíodo, são variáveis conhecidas por exercerem efeito sobre o fitocromo responsável pela germinação de sementes (SILVA et al., 2021).

Outro fator que contribui para a germinação de plantas é o manejo efetuado nos cultivos que afeta a dinâmica de sementes no solo em áreas produção agrícola. Após o preparo do solo é possível que ocorra a quebra de dormência de sementes, ou o estímulo à germinação após o suprimento de oxigênio ou luz, proporcionados principalmente pelo distúrbio no solo. Há alta correlação entre práticas de distúrbio no solo e a ocorrência de plantas daninhas. (PINHEIRO et al., 2021).

Para que seja diminuída a emergência de plantas daninhas após o revolvimento do solo são utilizados herbicidas pré-emergentes como alternativa de controle. Tais produtos são pulverizados ao solo antes da emergência das plantas daninhas, eliminando ou diminuindo a interferência negativa nas plantas de interesse. Os herbicidas pré-emergentes apresentam atividade residual no solo e podem ser usados em sistema de plantio convencional e plantio direto e não, necessariamente, necessitam de incorporação. A utilização de herbicidas pré-emergentes com efeito residual prolongado é um dos fatores que determinam grande eficiência no controle de plantas daninhas. O conhecimento dos fatores que influenciam a atividade e estabilidade desses herbicidas no solo é fundamental, uma vez que determina o sucesso ou o fracasso desses produtos no controle das plantas daninhas (ROSA; BORGES; TREZZI, 2021).

Dentre os principais herbicidas pré-emergentes utilizados, destacam-se ametryn, atrazine, indaziflam, s-metolachor e sulfentrazone. O ametryn e o atrazine pertencem ao grupo químico das triazinas e atuam na fotossíntese especificamente no fotossistema II, impedindo o fluxo de elétrons e interrompendo a formação da molécula de trifosfato de adenosina (ATP). A ação ocorre depois da germinação das sementes e emergência das plantas, ou seja, com o início dos processos fotossintéticos (SERAFINI, 2021).

O herbicida indaziflam pertence à classe química da alquilazina, tem como mecanismo de ação a inibição da biossíntese da parede celular em algum ponto do estágio de reticulação das microfibrilas de celulose. As principais características são: efeito residual prolongado no controle de plantas daninhas com persistência superior a 150 dias e baixa solubilidade em água (GONÇALVES et al., 2021). No Brasil, o indaziflam possui registro para café, cana-de-açúcar, citros, eucalipto, pinus, banana, caju, coco, dendê, goiaba, maçã, manga e uva (MAPA, 2021).

O sulfentrazone é do grupo químico triazolinona e atua na enzima protoporfirinogênio oxidase que leva à ruptura da membrana em plantas suscetíveis. O sulfentrazone é absorvido pelas raízes e folhagens, mas é principalmente absorvido pelas raízes (RACHUY et al., 2020). O s-metolachor um herbicida não-iônico pertencente ao grupo químico dos cloroacetamidas, registrado no Brasil para controle, em pré-emergência, de plantas daninhas. O mecanismo de ação deste herbicida está relacionado com a inibição da divisão celular, bem como da síntese de diversos componentes da planta, tais como lipídeos, proteínas, isoprenoides e flavonóides. No solo, possui carência de 15 a 50 dias (LIMA, 2020).

O controle químico de plantas daninhas também pode ser realizado em pós-emergência e consiste na pulverização de herbicidas após a emergência das plantas daninhas. Para as aplicações em pós-emergência o produto deve ser absorvido especialmente pelas folhas. O sucesso da aplicação em pós-emergência depende do estágio da planta daninha, do nível de estresse que ela se encontra e das condições climáticas (WANG et al., 2022). Além disso, muitos produtos têm efeito pré e pós-emergentes.

Outra característica importante dos herbicidas diz respeito à seletividade. Por seletividade entende-se que o herbicida é mais tóxico para determinadas plantas do que para as outras, considerando as mesmas condições ambientais e métodos de aplicações (GIOVANELLI, 2019).

O metabolismo diferencial é o principal fator de seletividade dos herbicidas às culturas, diferenciando-se da capacidade de metabolização das culturas às plantas daninhas. Diversas enzimas agem no processo de metabolização dos herbicidas. Em milho a enzima Glutathiona-S-transferase metaboliza moléculas das triazinas e as cloroacetamidas e a enzima P450

monooxygenase metaboliza tricetonas que permite o uso de atrazine, s-metolachor e tembotrione respectivamente, os quais apresentam registro para a cultura (MARTINI et al., 2021).

A dinâmica de herbicidas no ambiente é alterada por diversos fatores: umidade do solo, matéria orgânica, luz entre outros que podem afetar a eficácia e seletividade à cultura. No solo o herbicida se distribui uniformemente ao longo do perfil nos primeiros 10 centímetros (cm) e essa distribuição é feita pela própria umidade do solo. O herbicida dissolvido em água e retido na matéria orgânica do solo e passa por processos hidrofóbicos, físicos e químicos (IKEFUTI et al., 2022).

A ação da luz sobre os herbicidas é positiva quando proporciona a ação de morte das plantas daninhas através da liberação de oxigênio reativo nas plantas e negativa quando ocorre a fotodegradação. O resultado da fotodegradação é a hidrólise, oxidação e redução, esses efeitos resultam em forma não tóxica da molécula e até mesmo a sua mineralização. A fotodegradação ocorre quando a molécula está na superfície da planta e do solo, ocorre antes da absorção. A sensibilidade a este tipo de degradação depende da molécula de herbicida (CORREIA, 2018).

Outros importantes herbicidas sensíveis às condições acima apresentadas e utilizados na cultura do milho são tembotrione e glyphosate. O tembotrione é seletivo ao milho e sistêmico, pertencente ao grupo químico das tricetonas, é inibidor da enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD), indicado para o controle de amplo espectro de monocotiledôneas e eudicotilodôneas. A mobilidade deste herbicida no floema é fundamental para sua distribuição foliar, raízes e regiões de crescimento, acumulando-se no cloroplasto (SOUSA et al., 2022). A inibição da HPPD acarreta o comprometimento da biossíntese de pigmentos carotenoides em plantas suscetíveis, causando sintomas típicos de branqueamento nas folhas emergentes de espécies suscetíveis, devido à redução de carotenoides, que protege a clorofila contra a luz, resultando na sua oxidação. O modo de ação do tembotrione é influenciado pela quantidade e qualidade de luz no ambiente (SOUSA, 2021).

O glyphosate é o herbicida mais comercializado no mundo. É não seletivo, sistêmico, pós-emergente e inibe a enzima enol-piruvil shiquimato fosfato sintase (EPSPs). É utilizado para eliminar soqueiras de cana-de-açúcar, pastagens, em aplicações dirigidas nas entrelinhas de culturas e sob as culturas geneticamente modificada como, soja, milho e algodão. O glyphosate é absorvido principalmente pela parte aérea da planta e no solo é fortemente adsorvido. A inibição da EPSPs interrompe a formação dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, bloqueando a síntese daqueles aminoácidos nas plantas e acumulando um composto intermediário chamado shiquimato (MUÑOZ; BLEAK; CALAF, 2020).

O solo e as folhas que absorvem a luz solar podem formar compostos químicos que transferem energia, elétrons ou hidrogênio para um herbicida, ocorrendo à degradação. Esta ação não se restringe à luz visível. Os herbicidas podem ser sensíveis à degradação em várias faixas do espectro eletromagnético (DADAZIO, 2018; LEWIS et al., 2016).

3.2. Suplementação luminosa na agricultura

A luz, por ser fonte primária de energia, estabelece relação direta com o desenvolvimento dos vegetais. A duração e a intensidade da distribuição de luz possuem efeitos substanciais na germinação de sementes, no tamanho e na espessura de folhas. A interceptação de luz pelas sementes e folhas podem influenciar a decisão de posicionamento de herbicidas, podendo dificultar o controle de plantas daninhas (DADAZIO, 2018).

A iluminação artificial é estudada e aplicada a muitos anos para melhorar aspectos vegetais como o controle do florescimento, tamanho e aparência das folhas e dos caules (KUMAR et al., 2016). A luz suplementar também é estudada mais intensamente em altas latitudes do globo, onde o fotoperíodo é curto nos meses de inverno. A metodologia de manejo utilizada recentemente para fornecer luz às plantas de forma uniforme é a suplementação de luz com diodos emissores (SILVA, 2020).

As plantas são seletivas quanto à absorção dos comprimentos de onda da radiação solar. O espectro de luz interceptado pelo dossel das plantas varia entre a banda do azul, banda do vermelho e banda do verde, sendo 400 a 500, 610 a 720 e 620 a 750 nanômetros (nm) respectivamente, que desempenham funções importantes na morfogênese foliar como à formação do aparato fotossintético, acúmulo de carboidratos e síntese de compostos químicos. A luz impacta fortemente o crescimento vegetativo, floração e brotação e gera o maior rendimento energético (KOBORI, 2020; MEDELO, 2021).

Um dos primeiros experimentos utilizando suplementação luminosa às plantas foi realizado com alface. Nesse trabalho foi possível observar o aumento do tamanho e o ganho de massa quando as plantas foram expostas à luz de LED vermelho (BULA et al., 1991). A suplementação de luz em mini pepinos proporcionou aumento na produção de 30,8%, além disso, observou-se melhor qualidade visual dos frutos (KUMAR et al., 2016).

A eficiência da conversão da energia luminosa em energia química está relacionada com a produção de biomassa e com a radiação fotossinteticamente ativa. Uma das vantagens da

suplementação luminosa às plantas com lâmpadas LED é a capacidade em controlar a radiação útil para variadas espécies de vegetais. Além disso, os painéis são de fácil adaptação aos níveis de dossel das culturas e possuem vida útil prolongada (ZANDONADI, 2021).

A fotossíntese é o meio biológico mais eficaz na produção de energia. Tal evento é dependente da oferta de luz solar. Nesse sentido, a utilização de Diodo Emissor de Luz (LED) sobre o dossel de plantas é uma estratégia para incrementar a oferta de luz às plantas e consequentemente a produção de biomassa. Da mesma forma, pode-se evitar a total dependência da luz solar (SILVEIRA, 2019).

Os estudos sobre a utilização de LEDs na agricultura veem crescendo nos últimos anos e estão fortemente relacionados à inserção de tecnologia no campo. O uso de suplementação luminosa em casas de vegetação e cultivos protegidos tem se mostrado eficiente. Foi observado em plantas de *Vaccinium corymbosum* e *Scrophularia takesimensis* que a suplementação de luz branca proporcionou maior crescimento vegetativo, raízes vigorosas e maior sobrevivência aos intemperes após o transplante (HUNG et al., 2016; JEONG; SIVANESAN, 2015).

Os sistemas LEDs podem ser colocados próximos às plantas, pois, emitem baixo calor radiante, permitindo que a luz chegue até os níveis inferiores do dossel. A utilização de LEDs para agricultura possui um viés ambiental positivo. As lâmpadas não contêm mercúrio, não têm superfícies de vidro e trabalham por mais de 50.000 horas (FREITAS, 2020).

A suplementação luminosa é estudada em sua maioria em ambientes controlados. No campo, a qualidade da luz é alterada precocemente pelas folhas do dossel e atua com um sinal importante entre as plantas da comunidade na busca de adaptação e definição de hierarquia em função dos recursos disponíveis no ambiente.

A dinâmica de plantas daninhas em comunidade também pode ser alterada pelos efeitos da qualidade e oferta da luz em interação com as práticas de manejo da cultura. A menor sensibilidade aos efeitos da qualidade da luz em genótipos selecionados com herbicidas, em comparação com populações de ambientes naturais ou de rotação de culturas (LAZZARINI et al., 2017). Um biótipo resistente a herbicida também pode apresentar maiores vantagens competitivas, devido à menor sensibilidade aos efeitos iniciais da competição na comunidade (AIUB et al., 2000; WEINIG 2000). Dessa forma, é possível que a suplementação luminosa altere a dinâmica de controle de plantas daninhas por herbicidas.

Novas práticas agrícolas proporcionam rendimento maior para as culturas. Com o avanço da tecnologia a suplementação luminosa tende a melhorar o desempenho e otimização de uso. O estudo de suplementação luminosa na agricultura é escasso e parâmetros como o comprimento de onda, ângulo de dispersão dos fótons e a irradiância devem ser estudados.

Visto que a utilização desta tecnologia é promissora na agricultura, faz-se necessário estudos de uso em campo.

3.3. A cultura do milho

A cultura do milho (*Zea mays* L.) tem grande importância econômica e social. Econômica, pelo volume, valor nutricional dos grãos e diversidade de uso, como em alimentação humana e animal e como matéria-prima para a indústria. Social, por ser um alimento de baixo custo, pela viabilidade de cultivo tanto em grande quanto em pequena escala e por ser a base de várias cadeias agroindustriais, como a da carne. Neste sentido, o milho é um dos principais cereais cultivados em todo o mundo e é o segundo grão mais cultivado no território brasileiro (FERNANDES, 2022).

O milho é uma das poucas espécies econômicas nativas da América. Trata-se de uma planta herbácea e anual que pode atingir a maturidade fisiológica em quatro a cinco meses. O milho é uma planta monóica com flores femininas nas axilas das folhas (espigas) e com flores masculinas na extremidade superior (panículas). O grão do milho, cariopse, fruto característico de gramíneas, possui o pericarpo incolor, vermelho, marrom ou variegado (GALVÃO et al., 2012).

Em termos de produção mundial, os Estados Unidos apresentam o maior volume de produção, com um total 382 milhões de toneladas por ano, seguido pela China, com uma produção de 274 milhões de toneladas, e o Brasil encontra-se em terceiro lugar no ranking, com 126 milhões de toneladas (USDA, 2023).

No Brasil o milho é cultivado em duas épocas: primeira safra (verão) e segunda safra ou safrinha. A semeadura de verão é realizada em período chuvoso, que ocorre no final de agosto, na região Sul; até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste e na região Nordeste o período das chuvas ocorre no início do ano. A safrinha refere-se ao milho de sequeiro semeado geralmente de janeiro a março ou até próximo a abril na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Os estados que se destacam na produção de milho são os estados que mais se aproximam das exigências edáficas para o milho, como o Mato Grosso (34,9 milhões de toneladas), Paraná (14,8 milhões de toneladas) e Goiás (12,9 milhões de toneladas) (CONAB, 2021).

O milho é uma cultura de clima tropical, necessita de água e calor para expressar o potencial genético de produção. A temperatura ideal para o milho fica entre 24 e 30 °C. Em temperaturas inferiores a 10 °C o crescimento é nulo, da mesma forma, em temperaturas superiores a 30 °C o rendimento decresce. O consumo médio de água durante o ciclo da cultura é de 600 a 800 milímetros (mm). O estágio que mais demanda água é o espigamento e enchimento de grãos, podendo chegar até 7,5mm/dia. A planta de milho é considerada de dias curtos, porém o seu metabolismo é C4, o que proporciona altos rendimentos em crescente intensidade luminosa (CAMPOS, VITORINO e MARTINS., 2012).

Os estresses climáticos no qual a planta de milho é submetida podem ocasionar queda de produção. Bem como a interferência de insetos-pragas doenças e plantas daninhas (CHIOVATO et al., 2007).

O método de controle de plantas daninhas mais utilizados na cultura do milho é químico, por meio de herbicidas posicionados em pré e pós-emergência das plantas daninhas. Os principais herbicidas pré-emergentes registrados para o milho estão no grupo químico das triazinas, também usado em pós-emergência, (ametryn, atrazine, cyanazine e simazine) e das amidas (s-metolacchor e alaclhor), em mistura estes herbicidas proporcionam um maior espectro de controle de plantas daninhas. Em pós-emergência destaca-se o herbicida glyphosate, podendo ser usado, em área total, apenas em lavouras de milho que possuem a tecnologia RR (Roundup Ready) embarcada (VIDAL et al., 2004).

Embora muito se tenha estudado com relação ao período de controle, aos métodos de controle, ao dano econômico e à ecofisiologia, as plantas daninhas exigem muita atenção quanto ao convívio em área de milho (KOZLOWSKI, 2002; PROCÓPIO et al., 2004).

O rendimento de grãos de milho está associado à quantidade de radiação solar incidente, da eficiência da interceptação, da conversão da energia luminosa em energia química e da eficiência de partição de assimilados até os grãos. O milho é mais eficiente em interceptar radiação solar no ciclo inicial, pois, exige um aumento na área foliar, atingindo valor máximo no meio do ciclo (SANTOS, 2017).

Material e métodos

O trabalho foi conduzido em área com pivô central de irrigação (Figura 1) na fazenda São Matheus, no ano de 2021, localizada às margens da rodovia LMG782, nas coordenadas 18° 57' 04" S e 47° 25' 38" W a 1010 metros de altitude. Os painéis de LED são instalados no pivô em altura de 4,0 m do solo (Figura 2).

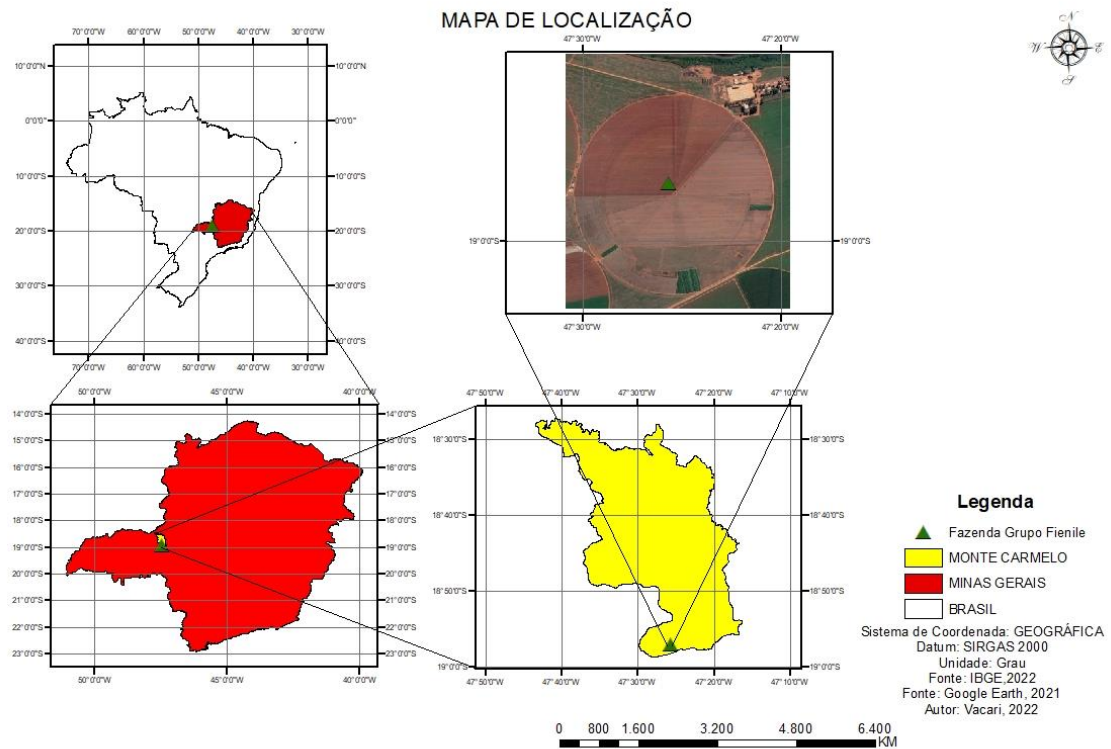


Figura 1. Localização e imagem de satélite do pivô central de irrigação localizado na fazenda do grupo Fienile. Monte Carmelo – MG. (Fonte: VACARI, A. A.)



Figura 2. Painéis de LED instalados em pivô de irrigação na área experimental. Fonte: (VACARI, A. A.)

Os painéis foram instalados no pivô central e forneceram uma faixa iluminada de 40 metros de comprimento e 250 metros de largura. As lâmpadas forneceram luzes vermelhas (59%), verdes (33%) e azuis (8%) todos os dias, por aproximadamente 20 minutos, em período compreendido entre 20h00min e 05h00min. A média acumulada nas parcelas sob suplementação luminosa foi de 10 horas de luz, com um fluxo luminoso às plantas de 30 Lux. A suplementação foi fornecida de acordo com a rodagem do pivô (Figura 3).

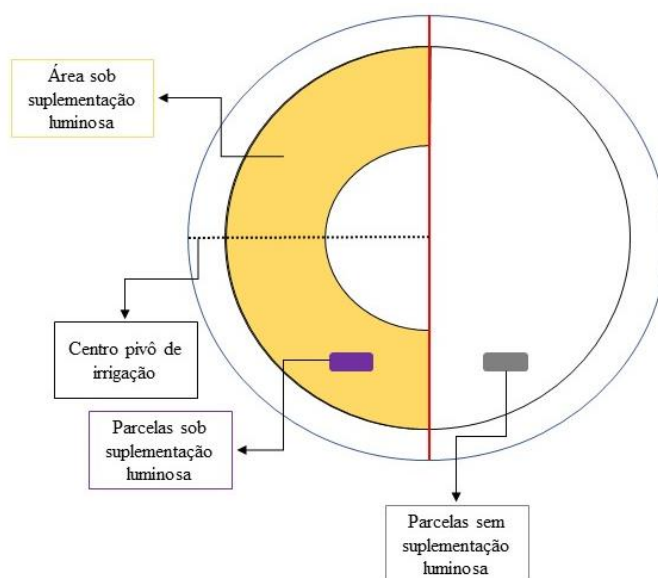


Figura 3. Representação espacial do experimento na área da rodagem do pivô. Fonte: (VACARI, A. A.)

4.1 Experimento 1: herbicidas pré-emergentes no ambiente com preparo convencional do solo

Os tratamentos constaram da disposição dos fatores suplementação luminosa e aplicação de herbicidas pré-emergentes em área preparada com uma aração e duas gradagem. Os herbicidas foram ametryn ($2,5 \text{ kg ha}^{-1}$); indaziflam ($0,075 \text{ kg ha}^{-1}$); atrazine ($1,48 \text{ kg ha}^{-1}$) + s-metolacchor ($1,16 \text{ kg ha}^{-1}$) e sulfentrazone ($0,6 \text{ kg ha}^{-1}$). Houve também parcelas sem a aplicação de herbicidas, testemunha absoluta. O experimento foi montado em faixas com parcelas subdivididas no espaço e com 4 repetições.

Após o preparo do solo, as parcelas receberam irrigação equivalente a uma lâmina de 10 mm. Posteriormente os herbicidas foram aplicados utilizando-se de um pulverizador costal, com pressão pressurizada a CO_2 e monitorada por manômetros, mantido a pressão constante de $2,02 \text{ kgf cm}^{-2}$, calibrado para um volume de calda de 240 L ha^{-1} . Foi utilizada uma barra de 1,50 m com quatro pontas Teejet 11002 AI, jato planto com indução de ar, que aplicaram uma faixa de 2,0 m. As parcelas foram montadas com 8 m^2 ($2 \times 4 \text{ m}$) e área útil de 2,0 m centrais.

Foram realizadas avaliações de controle de plantas daninhas por meio de uma escala visual e percentual de notas, variando de zero a dez. Nesse caso, zero consistia em nenhum controle e dez foi a porcentagem de controle total das espécies de plantas daninhas (SBCPD 1995). As avaliações foram realizadas em 3 épocas, 10, 20 e 30 dias após a aplicação (DAP) dos herbicidas. Da mesma forma, foram identificadas e quantificadas as plantas daninhas sobreviventes e determinadas a densidade absoluta (Da), densidade relativa (Dr), frequência absoluta (Fa), a frequência relativa (Fr), dominância absoluta (DoA), dominância relativa (DoR), e o índice de valor de importância (IVI) de acordo com critérios fitossociológicos de Mueller-Dombois & Elleberg (1974).

No levantamento fitossociológico, para identificação e quantificação da comunidade de espécies infestantes, foi utilizado como unidade amostral um quadro de metal vazio de $0,9 \times 0,2$ metros, lançado aleatoriamente em cada parcela com a finalidade de se determinar a composição florística da área.

Após a tabulação dos dados, foram testadas as pressuposições de homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos pelos testes de Shapiro-Wilk e Oneill-Mathews, respectivamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e diferenciados pelo teste de Tukey (com 5% de probabilidade de erro) quando significativos.

4.2 Experimento 2: controle químico de plantas daninhas em milho sob suplementação luminosa

O solo foi preparado convencionalmente, uma aração e duas gradagens. Aspectos relacionados à fertilidade do solo estão apresentados abaixo (Tabela 1). Os tratos culturais, como correção do solo, adubação de base e de cobertura, controle de insetos-pragas e doença foram feitos de acordo com o protocolo de manejo da fazenda. Os herbicidas utilizados foram: glyphosate ($1,080 \text{ kg ha}^{-1}$ e.a.), atrazine ($1,48 \text{ kg ha}^{-1}$ e.a.) + s-metolachlor ($1,16 \text{ kg ha}^{-1}$ e.a.) e glyphosate ($0,7236 \text{ kg ha}^{-1}$ e.a.), s-metolachlor ($1,44 \text{ kg ha}^{-1}$ e.a.) e glyphosate ($0,7236 \text{ kg ha}^{-1}$ e.a.), atrazine ($2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ e.a.) e tembotrione ($0,1008 \text{ kg ha}^{-1}$ e.a.) e tembotrione ($0,1008 \text{ kg ha}^{-1}$ e.a.). Atrazine e s-metolachlor foram aplicados no dia da semeadura, e os demais foram aplicados na sexta folha, estágio vegetativo 6 (V6).

Tabela 1. Laudo das análises químicas de amostras de solo, coletadas a 0-20 cm, em área sob suplementação luminosa (I) e área sem suplementação luminosa (II).

Solo	pH	P_MEH	K	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S	
	-	mg/dm³								
I*	5,3	160,0	203,32	34,0	8,57	20,33	30,0	0,89	9,33	
II*	5,3	120,0	66,47	34,0	8,57	20,33	30,0	0,89	9,33	
Solo	MO	V	Ca	Mg	Al	H+Al	S.B	T	t	m
	%		Cmolc/dm³							
I*	2,5	67,0	5,7	1,5	0	3,8	7,72	11,52	7,72	0
II*	2,5	67,2	4,9	1,3	0	3,1	6,37	9,47	6,37	0

* Solo sob suplementação luminosa

** Solo sem suplementação luminosa

A semeadura do milho (cultivar AS1850PRO3) ocorreu no dia 19 de janeiro de 2021. As parcelas experimentais foram montadas com 11 linhas de 6,0 metros de comprimento.

Após a semeadura, as parcelas receberam irrigação equivalente a uma lâmina de 10 mm. Posteriormente os herbicidas foram aplicados utilizando-se de um pulverizador costal, com pressão pressurizada a CO₂ e monitorada por manômetros, mantido a pressão constante de $2,02 \text{ kgf cm}^{-2}$, calibrado para um volume de calda de 240 L ha^{-1} . Foi utilizada uma barra de 1,50 m com quatro pontas Teejet 11002 AI, jato plano com indução de ar, que aplicaram uma faixa de 2,0 m.

Aos 20 e 30 dias após a pulverização dos herbicidas, foram realizadas avaliações de controle de plantas daninhas como feito no experimento anterior. Aos 26 DAP foram realizadas avaliações de crescimento do milho, em duas plantas centrais: número de entre nós, altura de

plantas, biomassa e diâmetro de colmo. O diâmetro de colmo foi mensurado por meio de paquímetro digital, avaliando-se duas plantas sempre no 4º entre nó. As plantas coletadas foram levadas à estufa de secagem com circulação forçada a 70 °C por 72 horas e posteriormente com auxílio de uma balança digital determinou-se a biomassa.

A colheita das espigas do milho foi realizada manualmente, padronizando sempre três linhas com área útil de 2,7 m² (1,35 x 2). As variáveis analisadas foram: número de espigas, comprimento médio de espigas e produtividade (kg.ha⁻¹) corrigida a uma umidade de 13%.

Após a tabulação dos dados, foram testadas as pressuposições de homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos pelos testes de Shapiro-Wilk e Oneill-Mathews, respectivamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e diferenciados pelo teste de Tukey (com 5% de probabilidade de erro) quando significativos.

Resultados e discussão

5.1. Comportamento de herbicidas pré-emergentes em área com suplementação luminosa

Com relação à ocorrência de plantas daninhas, foi observado que a suplementação luminosa influenciou a densidade de plantas e as espécies. No ambiente com suplementação luminosa foram encontradas cinco espécies de plantas daninhas: *Oxalis latifolia* (trevo-azedo), *Nicandra physalodes* (Joá-de-capote), *Galinsoga quadriradiata* (botão-de-ouro), *Cyperus iria* (tiririca-do-brejo) e *Commelina bengaliences* (Trapoeiraba) (Figura 4).

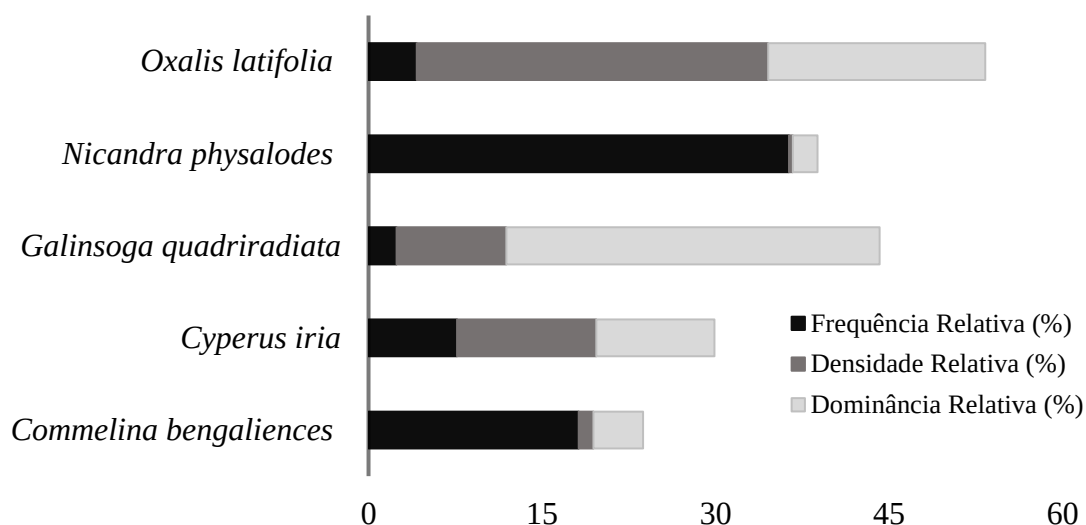


Figura 4. Identificação das espécies de plantas daninhas e índice de valor de importância (IVI) após a aplicação de herbicidas pré-emergentes em ambiente sob suplementação luminosa.

Destacando-se *O. latifolia* com 53,32 %, *G. quadriradiata* com 44,18% e *N. physalodes* com 38,83% de índice de valor de importância (IVI), indicando que estas plantas apresentaram maiores infestações.

No ambiente sem suplementação luminosa foram encontradas cinco espécies de plantas daninhas verdadeiras: *Oxalis latifolia* (trevo-azedo), *Nicandra physalodes* (Joá-de-capote), *Galinsoga quadriradiata* (Botão-de-ouro), *Commelina bengaliences* (Trapoeiraba), *Eleusine indica* (Capim-pé-de-galinha) e uma espécie de planta daninha comum *Phaseolus vulgaris* (Figura 5).

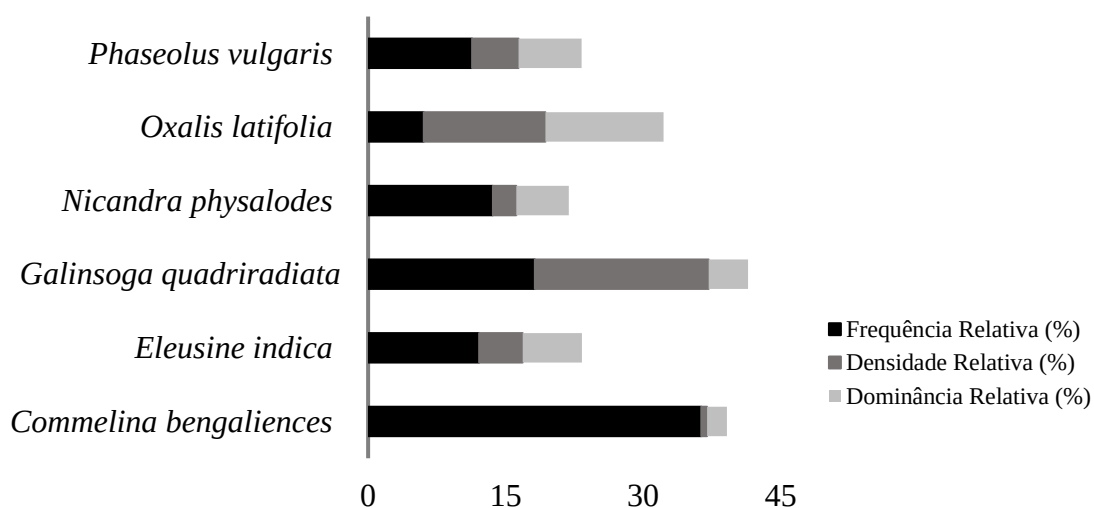


Figura 5. Identificação das espécies de plantas daninhas e índice de valor de importância (IVI) após a aplicação de herbicidas pré-emergentes em ambiente sem suplementação luminosa.

O índice de valor de importância foi maior para trapoeraba, botão de ouro, trevo azedo e joá-de-capote, 39,14%, 24,38%, 23,26% e 21,90% respectivamente indicando que estas plantas tiveram maiores infestações dentro da comunidade.

Para o ambiente com suplementação luminosa o índice de valor de importância das espécies *O. latifolia*, *G. quadriradiata*, *N. physalodes* foi maior em 43,62%, 55,18%, 56,39% respectivamente quando comparado com o ambiente sem suplementação luminosa. Por meio do levantamento fitossociológico realizado em ambiente com solo revolvido e ambiente com plantas de cobertura, foi possível observar resultados similares de índice de valor de importância. Destacando-se *N. physalodes* e *C. bengaliences* apresentando maiores IVI para o ambiente com revolvimento de solo (PENA., 2020). O revolvimento do solo por meio de grade aradora ocasiona a descompactação, pulverização de partículas e o nivelamento do solo, estimulando assim a germinação e a emergência de sementes de plantas daninhas. Já o levantamento fitossociológico realizado em agroecossistemas mostrou que as espécies com maior IVI foram *C. iria* e *E. indica* (BARROS, NINA E OLIVEIRA., 2021).

Para a avaliação de controle de plantas daninhas aos dez dias após a aplicação dos herbicidas, não ocorreu diferença para os tratamentos independente do ambiente (Figura 6).

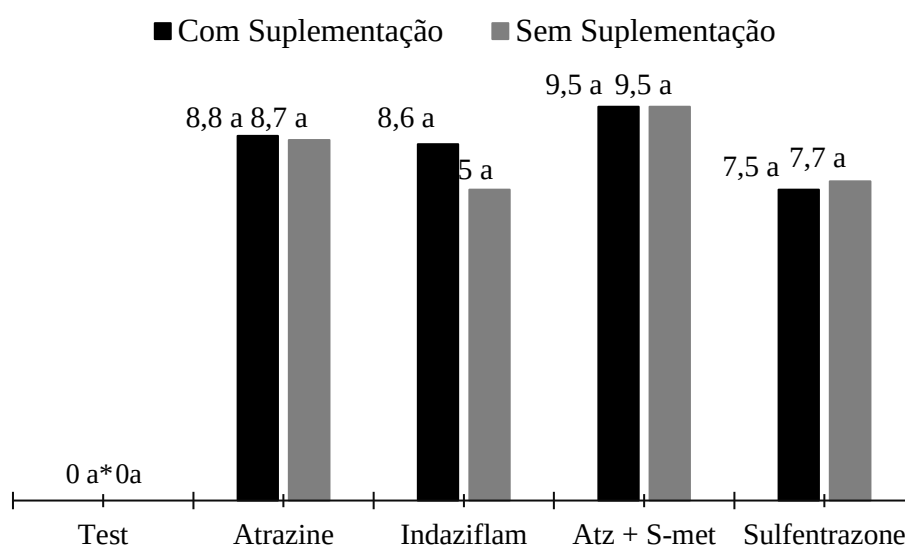


Figura 6. Notas de controle de plantas daninhas por herbicidas pré-emergentes em ambiente com e sem suplementação luminosa aos 10 DAP. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra minúscula não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 10,15 %).

Aos vinte dias após a aplicação, apresentaram diferenças significativas apenas as parcelas tratadas com atrazine+s-metolachlor e sulfentrazone (Figura 7).

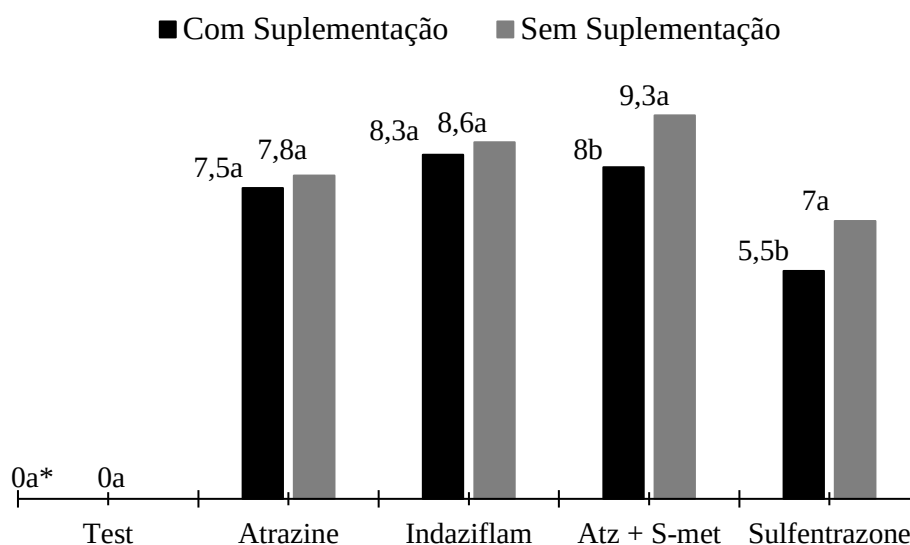


Figura 7. Notas de controle de plantas daninhas por herbicidas pré-emergentes em ambiente com e sem suplementação luminosa aos 20 DAP. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 11,68%).

As parcelas sob suplementação luminosa para os dois herbicidas, respectivamente, receberam as menores notas. O controle de plantas daninhas nas parcelas sem suplementação luminosa tratadas com atrazine+s-metolachlor e sulfentrazone foi superior em 86% e 78%, respectivamente, em relação as parcelas com suplementação luminosa.

O sulfentrazone apresenta uma dissipação de meia-vida de 150 dias, podendo variar de 121 a 302 dias. Esse herbicida apresentou 97% de eficiência no controle de plantas daninhas aos 10 e aos 15 dias após a aplicação quando comparados com herbicidas inibidores de foto sistema dois. Quando aplicado em pré-emergência com a presença de luz natural apresenta uma alta fitointoxicação inicial (DAMIN; CARRIJO; COSTA, 2021).

Plantas crescidas em ambientes com restrição de luz tendem a ser mais sensíveis à ação dos herbicidas inibidores da enzima PROTOX, como já relatado, em *Commelina benghalensis* (SANTOS JÚNIOR et al., 2019). Resultados apontaram que a composição de luzes de LED vermelho e azul afetam a produção do composto protoporfirina IX em repolho chinês, causando o menor acúmulo deste composto. A reação deste composto com a luz para plantas tratadas com herbicidas inibidores da PROTOX é essencial para que ocorra a morte das plantas (BARBERIS; TRINDADE; VELINE, 2009; FAN et al., 2013).

Aos 30 dias após à aplicação dos tratamentos apresentaram diferença estatística as parcelas tratadas com atrazine, atrazine + s-metolachlor e sulfentrazone (Figura 8). As parcelas sob suplementação luminosa receberam menores notas de controle.

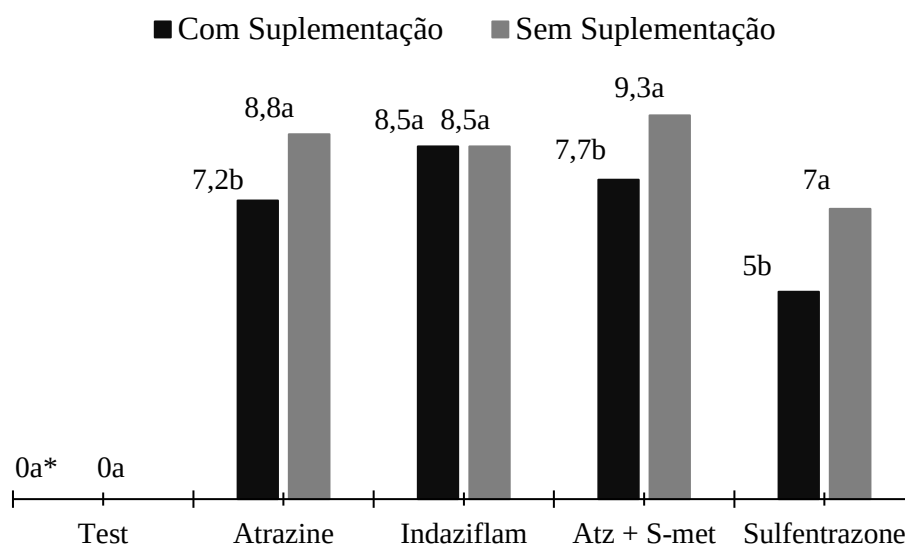


Figura 8. Notas de controle de plantas daninhas por herbicidas pré-emergentes em ambiente com e sem suplementação luminosa aos 30 DAP. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 14,43 %).

Para as parcelas sem suplementação luminosa, tratadas com atrazine, atrazine + s-metolacilor e sulfentrazone, o controle de plantas daninhas foi superior em 81%, 82% e 71%, em relação as áreas com suplementação luminosa, respectivamente.

Atrazine possui moderada mobilidade e elevada persistência no solo, influenciadas pelas condições ambientais e características do solo. Quando misturada com o s-metolacilor aumenta o potencial de controle de plantas daninhas (MALBEZIN; MORIN; LAVOIE, 2023; DROUIN et al., 2021).

Os inibidores da PROTOX necessitam da luz para a sua ativação, o sulfentrazone no solo é manifestado na emergência das plantas que estão próximas a superfície do solo. Trabalhos realizados com o herbicida sulfentrazone mostram persistência no solo após 30 dias de aplicação, reduzindo a produtividade do milho em 32%, também identificaram fitointoxicação em algodão após 352 dias após aplicação de sulfentrazone, por outro lado as notas de controle de plantas daninhas para estes herbicidas foram maiores aos 30 dias após a aplicação (SOUSA, 2022).

O número médio de plantas daninhas em todo o experimento foi maior em todas as parcelas que continham suplementação luminosa (Figura 9).

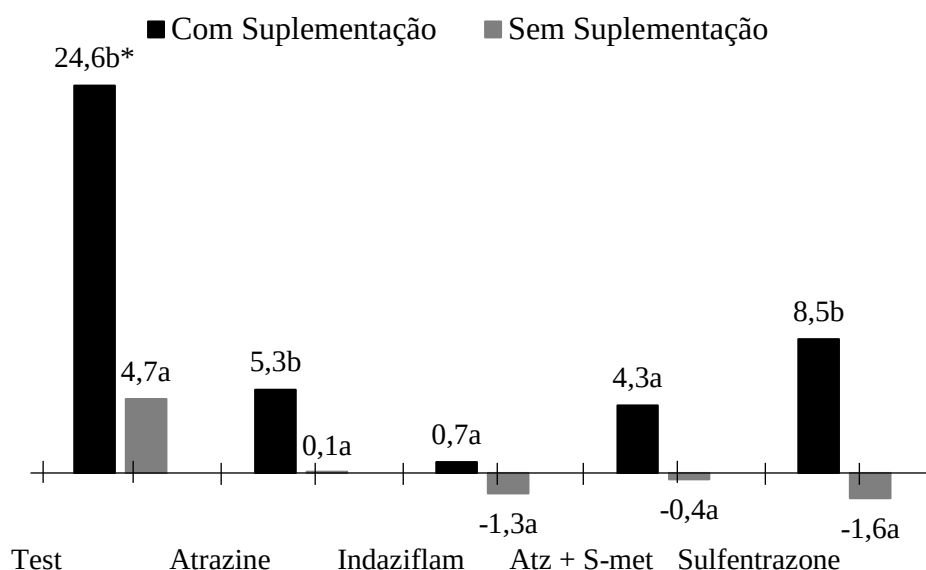


Figura 9. Número médio de plantas daninhas de todo o experimento em ambiente com e sem suplementação luminosa tratado com herbicidas pré-emergentes. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, médias seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 25,13 %).

Para as parcelas sem aplicação de herbicidas e parcelas tratadas com atrazine, indaziflam, atz+s-met e sulfentrazone o número médio de plantas daninhas em ambiente com suplementação luminosa foi superior em 191%, 188%, 185%, 93% e 188% respectivamente.

A luz é um dos fatores predominantes para a germinação das plantas daninhas e ajuda a compreender os mecanismos ligados à propagação que ocorrem em diferentes espécies, determinando a forma e o momento que a intervenção química deve ser realizada. A presença da luz estimula a cromoproteína, fitocromo, dando o início aos processos germinativos das sementes (ROCHA et al., 2023).

Trabalhos realizados com suplementação luminosa apontam efeito negativo para doenças, insetos-pragas e plantas daninhas. As três espécies de plantas daninhas, *Alternanthera tenella*, *Conyza bonariensis* e *Digitaria ciliares*. Apresentaram maiores valores de germinação na presença de luz. Observou-se também que sementes de *Alternanthera tenella* germinaram mais rapidamente na presença de luz (CANOSSA et al., 2008; VIVIAN et al., 2008).

5.2. Controle químico de plantas daninhas em milho sob suplementação luminosa

Aos 20 DAP as notas de controle de plantas daninhas pelos herbicidas pré-emergentes não apresentaram diferença estatísticas para os dois ambientes (com e sem suplementação luminosa) (Figura 10).

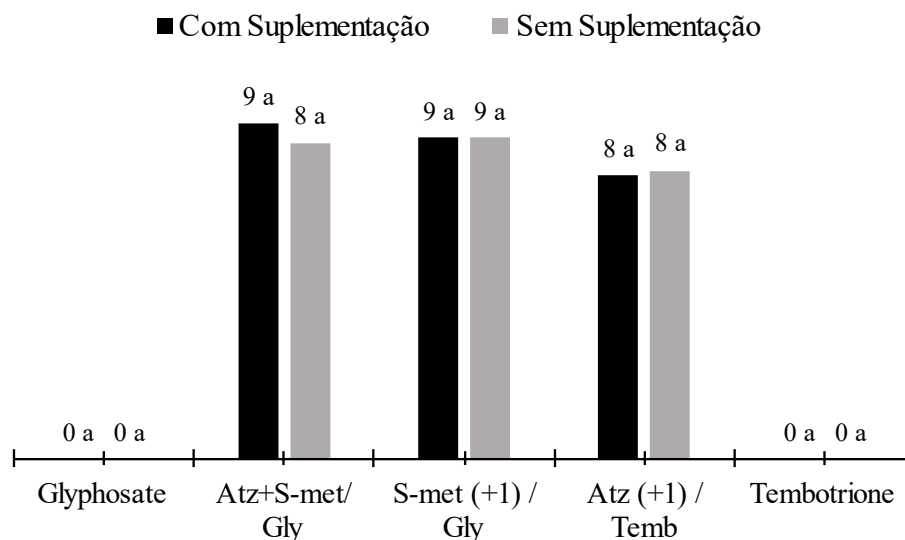


Figura 10. Notas de controle de plantas daninhas por herbicidas em ambiente com e sem suplementação luminosa aos 20 DAP.*Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 11,86%).

Aos 30 DAP as notas de controle de plantas daninhas apresentaram diferença estatística apenas para o tratamento com aplicação de atrazine e tembotrione. As notas de controle para os herbicidas atrazine (+1)/tembotrione em ambiente sem suplementação luminosa foi superior em 76% em relação ao desempenho desses herbicidas em ambiente com suplementação luminosa (Figura 11).

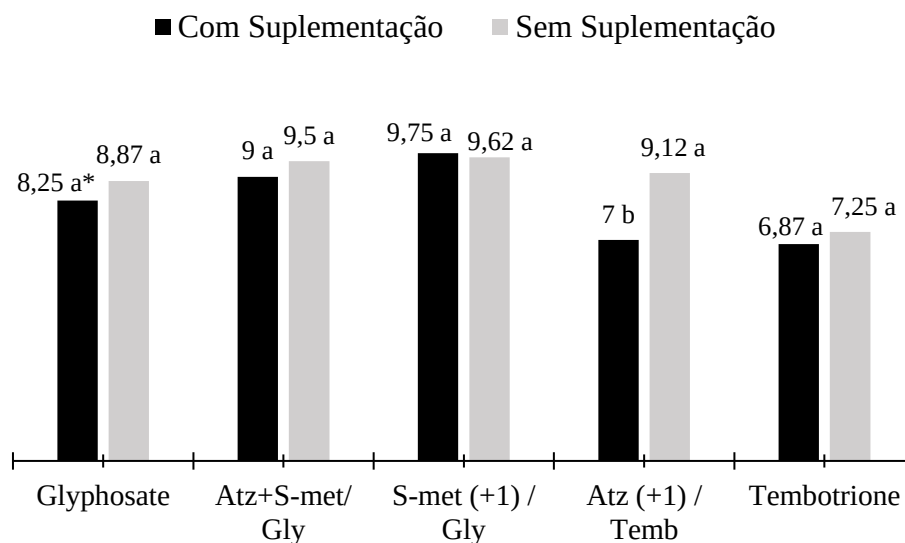


Figura 11. Notas de controle de plantas daninhas por herbicidas em ambiente com e sem suplementação luminosa aos 30 DAP. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 10,39%).

O tembotrione age na rota metabólica da biossíntese da plastoquinona por meio da inibição da atividade da 4-hidroxifenil-piruvatodioxigenase, bloqueando a síntese de carotenoides. A capacidade das plantas daninhas de metabolizar a molécula do herbicida tembotrione está relacionada com citocromo P450 que oxida compostos tóxicos e a glucosiltransferases que conjuga moléculas tóxicas de glutamina levando-as para o vacúolo. O incremento da radiação vermelha extrema diminui a relação V/Ve em relação à luz natural, que se caracteriza como o fator determinante da diminuição da qualidade da luz numa comunidade, modificando as respostas dos fitocromos (SOUSA et al., 2022).

Plantas daninhas sob suplementação luminosa em ambiente com e sem palha apresentaram diferentes tipos de comportamento. O ambiente com suplementação luminosa e sem cobertura do solo apresentou plantas daninhas com maior crescimento em altura, com a finalidade de interceptar mais luz (MEROTTO et al., 2002).

Para o número médio de entre nós de milho (Figura 12) não foi detectada efeito dos ambientes.

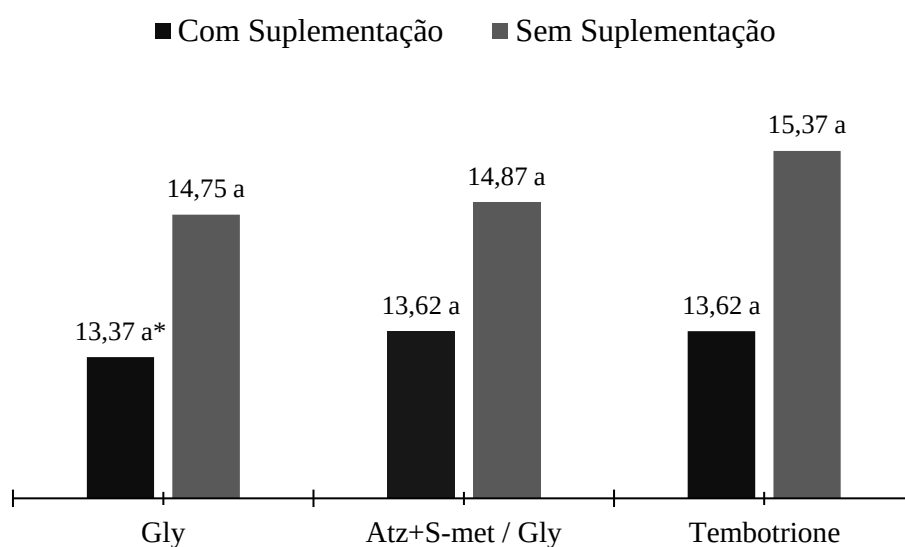


Figura 12. Número médio de entre nós de milho tratados com herbicidas em ambiente com e sem suplementação luminosa aos 26 DAP. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 6,59%).

Para a variável altura de plantas de milho (Figura 13), os ambientes sem suplementação luminosa proporcionaram alturas maiores em 88% e 85% para as parcelas tratadas com os herbicidas atz+S-met/ Gly e tembotrione.

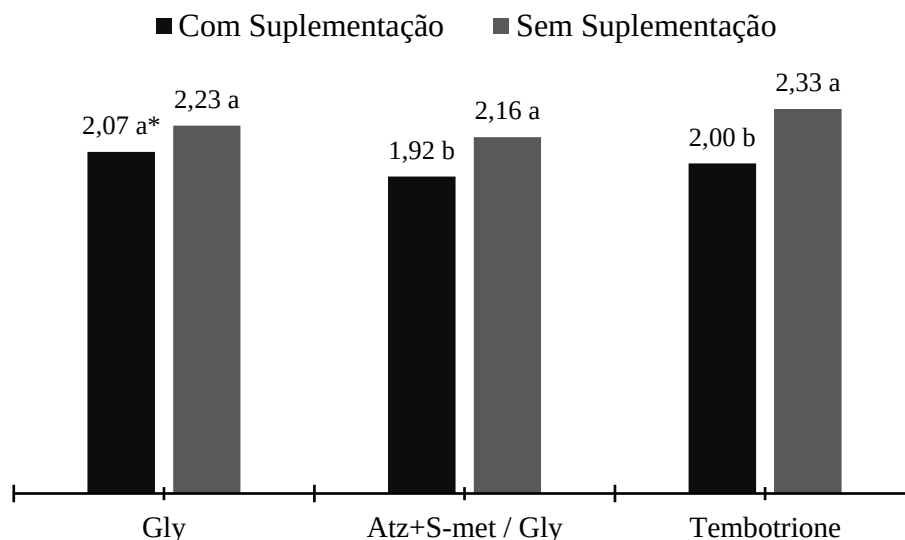


Figura 13. Altura de plantas de milho (m) tratadas com herbicidas em ambiente com e sem suplementação luminosa aos 26 DAP.*Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 6,55%).

O efeito da luz no milho é um fator substancial para a produção e o desenvolvimento de plantas de milho, visto que o milho possui metabolismo C4. O glyphosate é uma herbicida muito móvel na planta, chegando até a raiz. A aplicação de glyphosate afetou altura de plantas de milho resistentes em 78%. O tembotrione também reduziu o porte das plantas de milho, as plantas sofrem danos foto-oxidativos nos aparatos fotossintéticos e perdas no *quenching* fotoquímico, reduzindo assim sua altura. A interferência também está ligada a infestação de plantas daninhas (SOUSA et al., 2022; WALL, 2022; MOSCHEN, 2022).

A diferença na produção de biomassa seca de parte aérea de plantas de milho tratadas com herbicidas nos diferentes ambientes foi significativa apenas para o herbicida tembotrione. O uso do herbicida tembotrione sob suplementação luminosa contribui para uma redução de biomassa seca de parte aérea em 55% quando comparada com parcelas sem suplementação luminosa (Figura14).

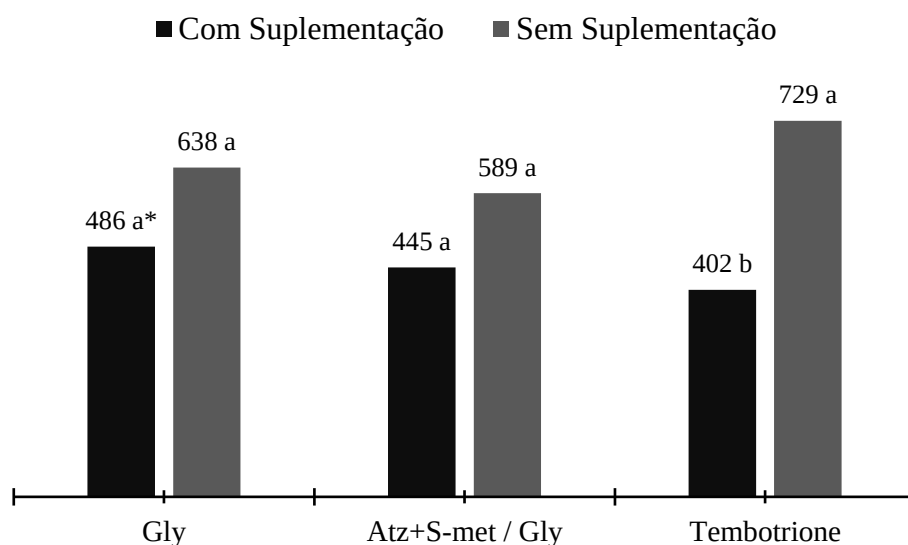


Figura 14. Biomassa seca de parte aérea de plantas de milho (g) tratadas com herbicidas em ambiente com e sem suplementação luminosa aos 26 DAP. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 21,56%).

O uso de herbicida pré-emergente é um diferencial no manejo de culturas agrícolas, principalmente para o milho. Quando a densidade da comunidade de plantas daninhas é alta, através da não aplicação de herbicidas pré-emergentes, há limitação dos recursos, o que traduz em efeitos negativos para o acúmulo de biomassa seca para o milho (ZAGONEL et al., 2000; GALON et al., 2021; SILVA et al., 2022).

Para a variável diâmetro médio de colmo (Figura 15) os ambientes não proporcionaram resultados diferentes. A suplementação luminosa também não proporcionou diferenças número médio de espigas por planta (Figura 16) bem como o comprimento médio de espigas de milho (Figura 17). Esses resultados corroboram com os obtidos por outros estudos onde componentes morfológicos não foram afetados pelo uso de herbicidas em pós-emergência (REZENDE et al., 2014; MAKINO et al., 2019; MARTINS, et al., 2019).

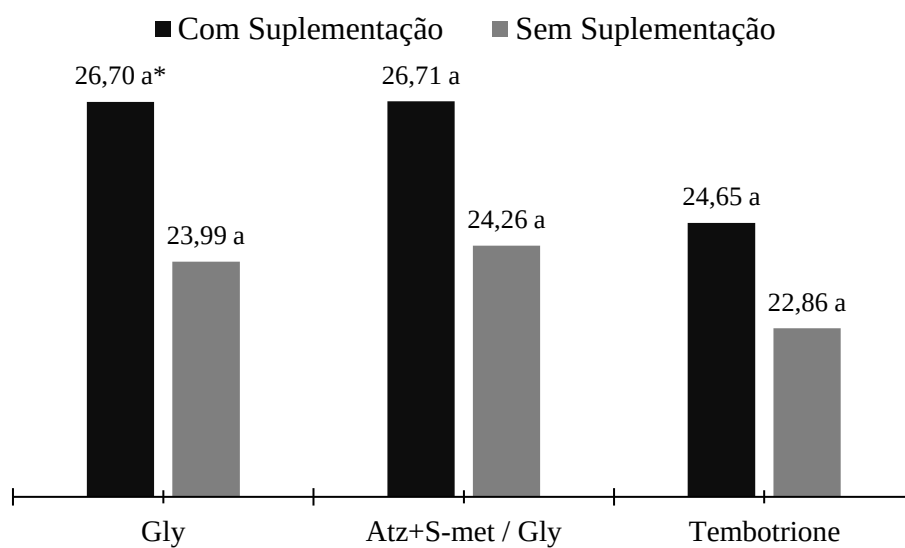


Figura 15. Diâmetro médio de colmo de plantas de milho (mm) tratadas com herbicidas em ambiente com e sem suplementação luminosa aos 26 DAP. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 13,56%).

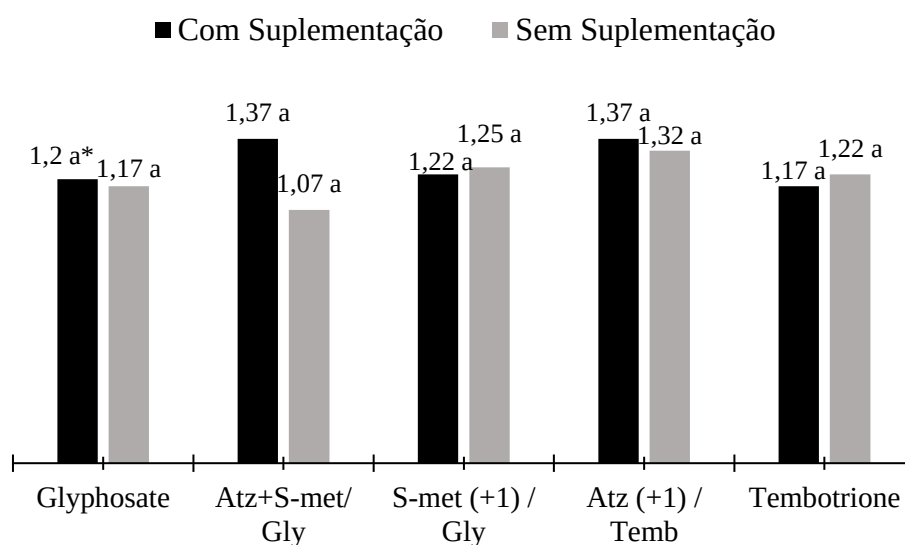


Figura 16. Número médio de espigas por planta de milho tratadas com herbicidas em ambiente com e sem suplementação luminosa aos. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 20,26%).

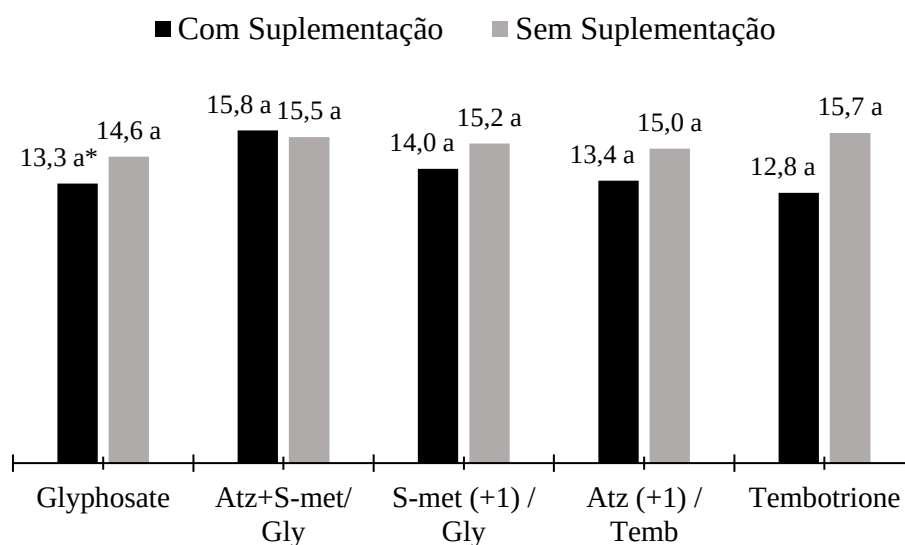


Figura 17. Comprimento médio de espigas de milho (cm) tratadas com herbicidas em ambiente com e sem suplementação luminosa aos. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 8,84%).

A suplementação luminosa influenciou a produtividade de milho tratado com herbicida. O rendimento de grãos foi maior para atrazine+s-metolaclor/glyphosate 61% e tembotrione 70% (Figura 18).

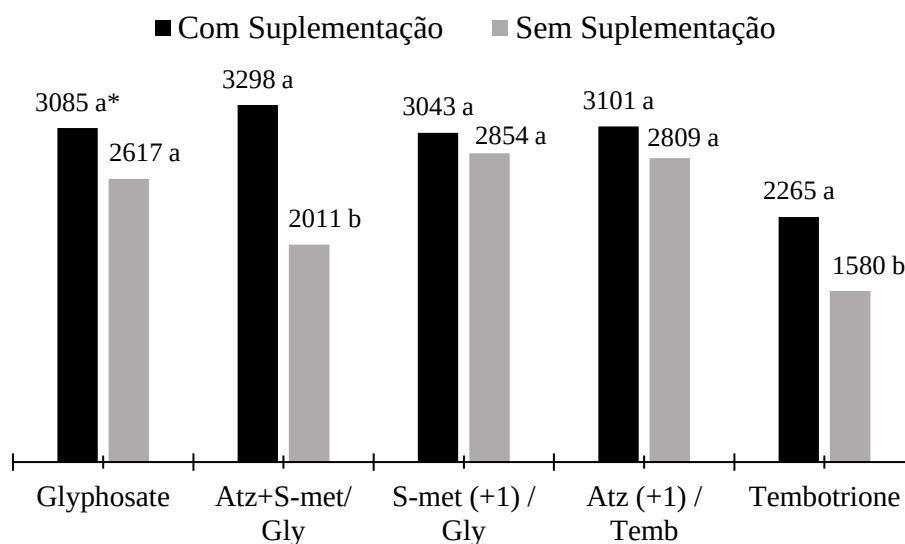


Figura 18. Produtividade de milho (Kg.ha⁻¹) tratados com herbicidas em ambiente com e sem suplementação luminosa. *Para o mesmo ambiente e o mesmo herbicida, notas seguidas por mesma letra não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$) (CV 8,84%).

Nota-se que o uso de herbicidas no ambiente de produção cultivado com milho afeta o rendimento de grãos, sendo ele decorrente de alterações em alguns dos componentes de produção, números de fileiras por espiga e número de grãos por fileira (MOHR et al., 2022).

A capacidade fotossintética e o crescimento das plantas são fortemente afetados pelo uso de herbicidas. Entre tanto, o uso de LED foi positivo para as plantas de milho tratadas com herbicidas. Os diferentes comprimentos de ondas compostas por LED vermelho, azul e verde possui um efeito combinatório na fotossíntese de plantas de milho, aumentando o rendimento de grãos (KOBORI, 2020).

5 Conclusões

A suplementação luminosa em campo proporciona o aumento de rendimento de grãos de milho, porém ocasiona efeito negativo no controle de plantas daninhas.

O ambiente com suplementação luminosa e preparo convencional do solo mudou a dinâmica de herbicidas pré-emergentes diminuindo seu efeito residual, consequentemente aumentando a germinação de plantas daninhas.

O controle de plantas daninhas em ambiente com suplementação luminosa deve ser realizado de forma preventiva, antes da semeadura de culturas, com a utilização de plantas de cobertura e herbicidas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIUB, M. V.; MARTINES-GUERSA, M. A.; GUERSA, C. M. Characterization of *Lolium multiflorum* populations selected by different herbicide doses: responses to light quality. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3, 2000, Foz do Iguaçu. **Abstracts...** Corvallis: International Weed Science Society, 2000, p.142-143.
- BARBERIS, L. R. M.; TRINDADE, M. L. B.; VELINE, E. D.. Seleção de genótipos de cana-de-açúcar para acúmulo de protoporfirina IX com uso de herbicidas inibidores da protox1. **Planta daninha**, Viçosa - MG, p. 809-814, 2009.

- BARROS, E. R.; NINA, N. C. S.; OLIVEIRA, O. M. S.. Phytosociology of spontaneous plants in ecologically-based family agroecosystems Manaus - AM. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 7, n. 11, p. 105176-105185, 2021.
- BULA, R. J., MOROOW, R. C., TIBBITTS, T. W., BARTA, D. J., IGNATIUS, R. W., MARTIN, T. S., Light-emitting as a radiation source for plants. **HortScience**, Alexandria, v.26, n. 2, p. 203-205, 1991.
- CAMPOS, C. F.; VITORINO, H. S.; MARTINS, D.. Efeito da redução de luz na seletividade a herbicidas e rendimento de grãos do trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 258-268, 2012.
- CHIOVATO, M.G, GALVÃO J.C.C, FONTANÉTTI, A, FERREIRA L.R, MIRANDA G.V, RODRIGUES O. L, e BORBA N. A; (2007) Diferentes densidades de plantas daninhas e métodos de controle nos componentes de produção do milho orgânico. **Planta Daninha**, 25:277-283.
- CHOONG, T.W.; HE, J.; QIN, L.; LEE, S.K Quality of supplementary LED lighting effects on growth and photosynthesis of two different *Lactuca* recombinant inbred lines (RILs) grown in a tropical greenhouse. **Photosynthetica**. v.56, n.02, p.1278-1286, 2018. Doi:[10.1007/s11099-018-0828-2](https://doi.org/10.1007/s11099-018-0828-2).
- CIESLIK, L F; VIDAL, R A; TREZZI, M M. Fatores Ambientais que Afetam a Eficácia de Herbicidas Inibidores da Accase: REVISÃO. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 483-489, 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <E-book_Boletim-de-Safras-11o-levantamento-compactado.pdf. > Acessado em: 27 de outubro de 2022.
- CONSTANTIN, J. Métodos de Manejo. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22. ed. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 3, p. 67-78. ISBN 978-85-64619-02-9. Disponível em: <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- CORREIA, N. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. **Comportamento dos herbicidas no ambiente**, Brasília-DF, ed. 160, p. 2-30, 2018.
- DADAZIO, T. S. **Obtenção e Análise de Espectros de Absorção de Luz por Herbicidas**. 2018. 188 f. Tese (Doutor em Agronomia) - Universidade estadual paulista, [S. l.], 2018.
- DAMIN, V.; CARRIJO, B. S.; COSTA, N. A.. Residual activity of sulfentrazone and its impacts on microbial activity and biomass of Brazilian Savanna soils. **Special Supplement**, Goiânia - GO, v. 51, 2021.

FERNANDES, M. S. Evolução da área plantada, produtividade e produção da cultura do milho no Brasil nos últimos 46 anos. **IV congresso nacional de pesquisa multidisciplinar**, Mineiros - GO, p. 1-8, 2022.

FREITAS, I. S. **Suplementação luminosa com lâmpadas LED na produção de microverdes em ambiente protegido**. 2020. 55 f. Dissertação (Mestre em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2020.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R.. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa - MG, v. 61, p. 819-828, 2015.

GALON, L.; PINTO, J. J. O.; AGOSTINETTO, D.; MAGRO, T. D.; Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas a cultura da soja aplicados em dois volumes de calda. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 13, n.3, p. 325-330, jul-set, 2017.

GALON, L.; GABIATTI, R. L.; AGAZZI, L. R.; WEIRICH, S. N.; RADÜNZ, A. L.; BRANDLER, D.; BRUNETTO, L.; DA SILVA, A. M. L.; ASPIAZÚ, I.; PERIN, G. F.. Competição entre híbridos de milho com plantas daninhas. **South American Sciences**, [s. l.], p. 2-26, 21 jul. 2021.

GIOVANELLI, B. F. **Seletividade de herbicidas sobre milho enlist**™. 2019. 86 f. (Dissertação) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP CÂMPUS DE BOTUCATU, Botucatu, 2019.

GONÇALVES, V. A.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. F. F.; FREITAS, F. C. L.; D'ANTONINO, L. Sorption of indaziflam in brazilian soils with different pH values. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 34, ed. 3, p. 494-504, 22 jan. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/9036/10691>. Acesso em: 3 ago. 2021.

HUNG, C.D. et al. LED light for in vitro and ex vitro efficient growth of economically important highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). **Acta Physiologiae Plantarum**, Krakow, v.38, n.6, p.1-9, 2016.

IKEFUTI, C. V.; SILVA, A. F.; YAMAUCHI, A. K. F.; GARLICH, N.; CRUZ, C.. Avaliação ecotoxicológica e risco ambiental da mistura de herbicidas hexazinona + diuron para organismos neotropicais não-alvo. **Open Science Research**, Jaboticabal - SP, v. 1, p. 360-370, 2022. DOI 10.37885/220107407. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220107407.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2023.

- JEONG, B.R.; SIVANESAN, I. Direct adventitious shoot regeneration, in vitro flowering, fruiting, secondary metabolite content and antioxidant activity of *Scrophularia takesimensis* Nakai. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** (PCTOC), London, v.123, n.3, p.607-618, 2015.
- KOBORI, M. M. R. G. **Suplementação luminosa na fisiologia, da produtividade e qualidade de estacas de Impatiens**. Orientador: Prof. Dr. Simone da Costa Mello. 2020. 87 f. Tese (Doutor em Ciências Fitotecnia) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 2020.
- KUMAR, K. G. S., HAO, X., KHOSLA, S., GUO, X., BENNETT, N. Comparasion of HPS light and hybrid lighting with top HPS and intra-canopy LED lighting for high-wire minicucumber production. In: **VIII International Symposim on Light in Horticulture 1134**. 2016. P. 111-118.
- LAZZARINI, L. E. S.; PACHECO, F. V.; SILVA, S. T.; COELHO, A. D.; MEDEIROS, A. P. R.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P.; SOARES, J. D. R.. Uso De Diodos Emissores De Luz (Led) Na Fisiologia De Plantas Cultivadas: Revisão. **Scientia Agraria Paranaensis**, [s. l.], ano 2017, v. 16, ed. 2, p. 137-144, 31 maio 2017.
- LEWIS, K.A. TZILIVAKIS, J. WARNER, D. J. GREEN, A. An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, v. 22, n. 4, p. 1050-1064, 2016.
- LIMA, R. P. Seletividade de herbicidas pré-emegentes em cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), desenvolvidas para produção de etanol. Orientador: Solange Aparecida Ságio. 2020. 51 f. Dissertação (Mestre em Agroenergia) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas - TO, 2020.
- MAKINO PA, CECCON G, FACHINELLI R (2019) Produtividade e teor de nutrientes em populações de milho safrinha solteiro e consorciado com braquiária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 18: 206-220.
- MARTINS D. A; JAKELAITIS A; PEREIRA LS; MOURA LMF; GUIMARÃES KC (2019) Intercropping between corn and *Urochloa brizantha* managed with mesotrione underdoses **Planta daninha** 37: 1-10.
- MALBEZIN, L.; MORIN, S.; LAVOIE, I.. Effects of atrazine and S-metolachlor on stream periphyton taxonomic and fatty acid composition. **ReResearch Square**, [s. l.], 2023. DOI <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2972071/v1>. Disponível em: <https://www.researchsquare.com/article/rs-2972071/v1>. Acesso em: 5 jun. 2023.

MAPA - Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **AGROFIT**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

MARTINI, L. F. D., et al. Absorção, translocação e metabolismo do bispyribac-sodium em mudas de arroz sob estresse pelo frio. *Ciência do Manejo de Pragas*, jul. 2015. v. 71, n. 7, pág. 1021–1029. Disponível em: . Acesso em: 09 de maio de 2021. doi: 10.1002/ps.3882.

MEDELO, M. J. Y. **Luz Vermelha Noturna e Mulching no Crescimento da Alface**. Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho. 2021. 47 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Jaboticabal, SP, 2021.

MOHR, A.; SEIDEL, E. P.; RIBEIRO, L. L. O.; PAN, R.. Effect of the use bentazonherbicide on the productivity of corn and dry mass of crotalaria intercropped. **Scientific Electronic Archives**, [s. l.], v. 15, 2022.

MEROTTO, A. JR.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; ALMEIDA, M.L. Weed interference in the initial development of soybean and rice plants through light quality. **SciELO**, [s. l.], v. 20, ed. 1, p. 9-16, 2002.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. A. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974.

MUÑOZ, J. P.; BLEAK, T. C.; CALAF, G. M. Glyphosate and the key characteristics of an endocrine disruptor: A review. **ScienceDirect** : Chemosphere, Ney York - NY, p. 1-15, 2020.

OLIVEIRA, Á. P. **Desempenho e fitossensibilidade do capim mombaça (*Megathyrsus maximus*) à aplicação de herbicidas**. 2021. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS, [S. l.], 2021.

OLIVERA JR, R. S. Mecanismo de Ação de Herbicidas. In: OLIVERA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22. ed. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 7, p. 141-192. ISBN 978-85-64619-02-9. Disponível em: <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

PENA, L. K. **FITOSSOCIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS, PLANTAS DE COBERTURA E SISTEMAS DE PREPARO EM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO COM SOJA**. 2020. 62 f. Dissertação (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa Campus de Rio Paranaíba, [S. l.], 2020.

PINHEIRO, J. F.; CORRÊA, M. J. P.; MASIERO, M. A.; QUEIROZ, R. R. S.; LISBOA, C. S.; ALMEIDA, J. S.; ALVES, A. S. Herbicida e palha de babaçu em banco de sementes de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 1-12, 13 abr. 2021.

- PINHEIRO, R. R. **Suplementação luminosa no tomateiro cultivado em diferentes sistemas de produção em ambiente protegido**. 2016. 98 f. Tese (Doutor em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2016. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-05072016-175012/publico/Renes_Rossi_Pinheiro_versao_revisada.pdf. Acesso em: 16 mar. 2021.
- RACHUY, J. S.; FENNIMORE, S. A. Vegetable response to sulfentrazone soil residues at four planting intervals. *Weed Technology*, California, v. 35, p. 216-222, 8 set. 2020.
- REZENDE PN, JAKELAITIS A, MORAES NC, CARDOSO IS, ARAÚJO VT, TAVARES V, JARDIM C (2014) Eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência em milho consorciado com *Urochloa brizantha* cv. Marandu. **Revista Agroambiente**, 8: 345-351.
- ROSA, A. C.; BORGES, M. P. S.; TREZZI, M. M. Herbicidas residuais na soja: função no manejo de plantas daninhas resistentes e percepção de técnicos e agricultores. **Núcleo de Investigações em Ciência das Plantas Daninhas**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 1-10, 2021.
- ROCHA, K. M.; MELLO, C. D.; MENDES, K. F.; INOUE, M. H.; FIGUEIREDO, A. M. C.; GUIMARÃES, A. C. D.. Effect of sowing depth and soil cover on *Paspalum virgatum* L. seedling emergence. **Lium concilium**, [s. l.], v. 23, ed. 4, 23 mar. 2023. DOI 10.53660/CLM-1065-23C68. Disponível em: <http://www.clum.org/index.php/edicoes/article/view/1065/782>. Acesso em: 5 jun. 2023
- SALOMÃO, P. E. A.; FERRO, A. M. S.; RUAS, W. F. Herbicides in Brazil: a brief review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. e32921990, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i2.1990. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1990>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- SANTOS JÚNIOR A, FREITAS F. C. L., SANTOS I. T., SILVA D. C., PAIXÃO G. P., Sedyama CS. 2019. **Management of *Commelina benghalensis* with saflufenacil in shaded environments**. *Planta Daninha* 37: 019178088.
- SERAFINI, C. G. **Aplicação do herbicida atrazina em solo**: efeitos sobre indicadores microbianos e análise de sua atenuação. Orientador: Daniel Joner Daroit. 2021. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2021. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/4187/1/SERAFINI.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2021.
- SILVA, K. A.; ROCHA, W. S.; PINTO, S. M.; NASCIMENTO, I. R.; MOMENTÉ, V.G. Germinação de sementes de *Mentha* spp. Em função do comprimento de onda de luz. **Revista Desafios**, [s. l.], v. 8, ed. 2, p. 67-75, 8 jun. 2021.

SILVA NETO, J. P. **Avaliação de Herbicidas Pré-Emergentes na Cultura da Soja em Mato Grosso**. 2020. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Faculdade da Amazônia, Vilhena- AM, 2020. Disponível em: <http://repositorio.fama-ro.com.br/bitstream/123456789/168/1/TCC%20JORGE%20PINTO.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SILVEIRA, F. F. **Efeito da aplicação exógena de L-prolina e da suplementação luminosa no desenvolvimento e produção de pimentão**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestre em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2019. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-19032020-104336/publico/Fernando_Ferraz_Silveira.pdf. Acesso em: 16 mar. 2021.

SOUSA, E. M. **Tolerância de linhagens de milho irrigado ao herbicida tembotrione**. 2021. 61 f. Dissertação (mestre em irrigação no cerrado) - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS CERES, Ceres-GO, 2021.

SOUSA, E. M.; DE MELO, H. C.; ALVES, F. R. R.; DE MELO, A. P. C.; RIBEIRO, D. G.; SOUSA, C. M. Tolerance of maize lines to the tembotrione herbicide. **RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT**, Goianéisa - GO, v. 11, n. 10, p. 1-14, 11 ago. 2022.

SOUSA, P. A. **Residual de herbicidas aplicados na cultura de soja sobre cultivos subsequentes**. 2022. 76 f. Residual de herbicidas aplicados na cultura de soja sobre cultivos subsequentes (Dissertação) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba - SP, 2022.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – GRAIN PRODUCTION ESTIMATE.,2023

WALL, R. H. **Eficácia e seletividade de herbicidas aplicados de forma única ou sequencial na cultura do milho**. 2022. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Agrônomo) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim - RS, 2022.

WANG, X.; WEN, S.; SHI, T.; LI, Q. X.; HUA, R.; LV, P. Photocatalysis of the triketone herbicide tembotrione in water with bismuth oxychloride nanoplates: Reactive species, kinetics and pathways. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [s. l.], v. 10, p. 1-10, 19 jul. 2022.

WEINIG, C. Plasticity versus canalization: population differences in the timing of shade-avoidance responses. **Evolution**, v. 54, p. 441-451, 2000.

ZAGONEL, J., VENÂNCIO, W. S., & KUNZ, R. P. (2000). Efeito de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. DOI: 10.1590/S0100-83582000000100014.

ZANDONADI, A. S. **Luz artificial no controle do florescimento de crisântemo de corte.** 2021. 57 f. Tese (Doctor Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2021.