

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

Victor Augustus Vasconcelos de Oliveira

**USO DO GLYPHOSATE EM SISTEMAS SOMBREADOS COM
FORRAGEIRAS DO GÊNERO *UROCHLOA***

Montes Claros

2024

Victor Augustus Vasconcelos de Oliveira

**USO DO GLYPHOSATE EM SISTEMAS SOMBREADOS COM
FORRAGEIRAS DO GÊNERO *UROCHLOA***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Leonardo David Tuffi Santos

Coorientador: Prof. Thiago Gomes dos Santos Braz

Montes Claros

2024

Oliveira, Victor Augustus Vasconcelos de.

O48u Uso do glyphosate em sistemas sombreados com forrageiras do gênero Urochloa
2024 [manuscrito] / Victor Augustus Vasconcelos de Oliveira. Montes Claros, 2024.
79 f. : il.

Tese (doutorado) - Área de concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Leonardo David Tuffi Santos.

Banca examinadora: Leonardo David Tuffi Santos, Luan Mateus Silva Donato, Rodinei Facco Pegoraro, Márcia Vitória Santos, Jatnel Alonso Lazo.

Inclui referências: f. 22-30; 48-53; 74-77.

1. Sombras e sombreados. 2. Herbicidas. 3. Redução de dose. 4. Análise de fluorescência. I. Santos, Leonardo David Tuffi. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

ATA DE DEFESA DE TESE

Aos 28 dias do mês de fevereiro de 2024 às 9:00 horas, sob a Presidência do Professor Leonardo David Tuffi Santos, D. Sc. (Orientador - UFMG/ICA) e com a participação do Professor Rodinei Facco Pegoraro, D. Sc. (UFMG/ICA), de Luan Mateus Silva Donato, D. Sc. (UFMG/ICA), de Márcia Vitória Santos, D. Sc. (UFVJM), e de Jatnel Alonso Lazo, D. Sc. (Universidad Agraria de la Habana/Cuba), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de tese de **Victor Augustus Vasconcelos de Oliveira**, aluno do Curso de Doutorado em Produção Vegetal. O resultado da defesa de tese intitulada: **"Uso do glyphosate em sistemas sombreados com forrageiras do gênero Urochloa"**, sendo o aluno considerado **aprovado**. E, para constar, eu, Professor Leonardo David Tuffi Santos, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: O aluno somente receberá o título após cumprir as exigências do **ARTIGO 65** do regulamento do Curso de Doutorado em Produção Vegetal, conforme apresentado a seguir:

Art. 65 Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação ou Tese e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do Colegiado do Programa, com a anuência do orientador, 1 (um) exemplar impresso e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação ou tese, no prazo de 60 (sessenta) dias.

Montes Claros, 28 de fevereiro de 2024.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo David Tuffi Santos, Professor do Magistério Superior**, em 28/02/2024, às 14:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luan Mateus Silva Donato, Técnico em Agropecuária**, em 28/02/2024, às 14:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodinei Facco Pegoraro, Professor do Magistério Superior**, em 28/02/2024, às 15:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Márcia Vitória Santos, Usuária Externa**, em



28/02/2024, às 15:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jatnel Alonso Lazo, Usuário Externo**, em 01/03/2024, às 09:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3045631** e o código CRC **68358996**.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Juraci Alves Vasconcelos de Oliveira (*in memorian*), e ao meu pai, Aroldo Batista de Oliveira (*in memorian*), pelo amor imensurável e apoio incondicional; por abraçarem meus objetivos como se fossem os seus; pelo exemplo do que há de melhor no ser humano; por terem sido a melhor escola que eu poderia ter e por não medirem esforços para proporcionar o melhor possível aos seus filhos. Vocês estão aqui, comigo e com o Diego, nos nossos modos de pensar e agir. Vocês seguem vivos, mais vivos do que nunca. Vocês são gigantes!

Ao meu irmão, Diego, pelo companheirismo inigualável e por ser meu melhor amigo em todos os momentos.

À Laura, pelo amor e carinho que suavizam minha caminhada.

Aos meus familiares, que torcem sempre por mim.

Aos meus amigos.

Ao meu orientador, prof. Leonardo Tuffi, pela orientação, profissionalismo, ensinamentos e amizade.

Ao meu coorientador, prof. Thiago Braz, pela coorientação, profissionalismo, ensinamentos e amizade

Ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por proporcionar uma formação que vai além da academia.

Aos integrantes do laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas do ICA-UFMG, pela amizade e mão de obra sem as quais seria impossível realizar os experimentos que originaram esta tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa e apoio financeiro ao pesquisador (COD 001).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento de parte dos estudos.

"Not explaining science seems to me perverse"
(SAGAN, 1994).

RESUMO

O uso de herbicidas em sistemas integrados de produção desconsidera a condição de luminosidade no sub-bosque das árvores. As interações entre planta x herbicida x ambiente podem alterar a resposta de genótipos de *Urochloa* ao glyphosate e à dessecação para o plantio direto na palha. Os objetivos com o trabalho foram: 1- avaliar a resposta de genótipos de *Urochloa* submetidos à dessecação por glyphosate, em pleno sol e em ambiente sombreado artificialmente; 2- avaliar a dessecação por glyphosate de *U. decumbens* e *U. brizantha* e o processo de decomposição da palhada em sistema silvipastoril (SSP) com diferentes níveis de sombreamento. O primeiro objetivo foi contemplado com dois experimentos, um em sombreamento, e outro a pleno sol, em esquema fatorial 5 x 6. No primeiro fator, foram utilizadas 5 forrageiras do gênero *Urochloa*, sendo três híbridos (capim-Cayana, capim-Mulato II e capim-Sabiá), e duas espécies (*U. brizantha* e *U. ruziziensis*). No segundo fator foram utilizadas as doses 2160; 1622,4; 1080; 524,4; 273,6 e 0,0 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. No ambiente sombreado o controle dos capins Marandu, Cayana, Mulato e Ruziziensis foi obtido com 273,6 g ha⁻¹ de glyphosate e para o capim-Sabiá com 524,4 g ha⁻¹. A economia no gasto com glyphosate para 100% de controle no sombreamento foi de 74,7% para o capim-Ruziziensis, 75,7% para o capim-Sabiá e 87,3% para os capins Marandu, Mulato e Cayana, comparado ao obtido em pleno sol. O segundo objetivo foi contemplado com dois experimentos, um com *U. decumbens*, e outro com *U. brizantha*, em parcelas subdivididas, sendo alocadas nas parcelas 4 faixas de cultivo com diferentes distâncias (entre 1 e 4, entre 4 e 7, entre 7 e 10 m e em pleno sol) em relação à linha de árvores. Nas subparcelas, foram alocadas as doses 1440, 1080, 720, 360 e 0,0 g e.a. ha⁻¹ do glyphosate para o controle de *U. decumbens* e 2160, 1680, 1200, 720 e 0,0 g e.a. ha⁻¹ do glyphosate para *U. brizantha*. Para *U. decumbens*, todas as doses testadas controlaram as plantas nos ambientes sombreados. No pleno sol, o controle se deu com as doses de 1080 e 1440 g ha⁻¹. Para *U. brizantha*, todos os ambientes apresentaram controle de 100% com a aplicação de doses superiores a 1200 g ha⁻¹. Com 720 g ha⁻¹, o controle de *U. brizantha* foi inferior no pleno sol e no centro das entrelinhas das árvores, sendo que, ao pleno sol, o controle foi insuficiente. Em SSP, com espaçamento entrelinhas de eucalipto de 20 m, *U. decumbens* e *U. brizantha* são controladas com 360 e 720 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate, respectivamente, independentemente da distância em relação às árvores. A economia de gasto com glyphosate para 100% de controle no SSP foi de 66,67% para *U. decumbens* e de 40,0% para *U. brizantha*, em comparação com o obtido no cultivo em pleno sol. Com a aplicação de glyphosate, há queda na eficiência quântica do fotossistema II e na taxa de transporte de elétrons, com resposta mais pronunciada a partir de 360 e 720 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate, para *U. decumbens* e *U. brizantha*, respectivamente, independentemente da distância em relação às árvores. A decomposição da palhada de *U. decumbens* e *U. brizantha* é maior nas faixas centrais do SSP enquanto a respiração do solo é mais intensa na faixa próxima das árvores.

Palavras-chave: intensidade luminosa; dessecação por herbicida; redução de dose; fluorescência da clorofila.

ABSTRACT

The use of herbicides in integrated production systems disregards the light conditions in the tree understory. Interactions between plant x herbicide x environment can alter the response of *Urochloa* genotypes to glyphosate and desiccation for direct planting in straw. The objectives of the work were: 1- evaluate the response of *Urochloa* genotypes subjected to desiccation by glyphosate, in full sun and in an artificially shaded environment; 2- evaluate the desiccation by glyphosate of *U. decumbens* and *U. brizantha* and the straw decomposition process in a silvopastoral system (SSP) with different levels of shading. The first objective was achieved with two experiments, one in shading and the other in full sun, in a 5 x 6 factorial scheme. In the first factor, 5 forages of the genus *Urochloa* were used, three of which were hybrids (Cayana grass, Mulato II grass and Sabiá grass), and two species (*U. brizantha* and *U. ruziziensis*). In the second factor, doses 2160 were used; 1622.4; 1080; 524.4; 273.6 and 0.0 g a.e. ha⁻¹ of glyphosate. With 72.55% ± 1.1% of light restriction, control of Marandu, Cayana, Mulato and Ruziziensis grasses was obtained with 273.6 g ha⁻¹ of glyphosate and for Sabiá grass with 524.4 g ha⁻¹. The savings in spending on glyphosate for 100% shading control were 74.7% for Ruziziensis grass, 75.7% for Sabiá grass and 87.3% for Marandu, Mulato and Cayana grasses, compared to obtained in full sun. The second objective was achieved with two experiments, one with *U. decumbens* and the other with *U. brizantha*, in subdivided plots, with 4 cultivation strips with different distances (between 1 and 4, between 4 and 7, between 7 and 10 m and in full sun) in relation to the tree line. In the subplots, doses 1440, 1080, 720, 360 and 0.0 g a.e. ha⁻¹ of glyphosate were allocated to control *U. decumbens* and 2160, 1680, 1200, 720 and 0.0 g a.e. ha⁻¹ of glyphosate for *U. brizantha*. For *U. decumbens*, all doses tested controlled plants in shaded environments. In full sun, control occurred with doses of 1080 and 1440 g ha⁻¹. For *U. brizantha*, all environments showed 100% control with the application of doses greater than 1200 g ha⁻¹. At 720 g ha⁻¹, control of *U. brizantha* was lower in full sun and in the center of the tree lines, whereas, in full sun, control was insufficient. In SSP, with a spacing between eucalyptus rows of 20 m, *U. decumbens* and *U. brizantha* are controlled with 360 and 720 g ha⁻¹ of glyphosate, respectively, regardless of the distance from the trees. The cost savings on glyphosate for 100% control in the SSP were 66.67% for *U. decumbens* and 40.0% for *U. brizantha*, compared to that obtained in full sun cultivation. With the application of glyphosate there is a drop in the quantum efficiency of photosystem II and in the electron transport rate, with a more pronounced response from 360 and 720 g ha⁻¹ of glyphosate, for *U. decumbens* and *U. brizantha*, respectively, regardless of the distance in relation to the trees. The plants show greater decomposition in the central bands. The release of CO₂ from the soil occurs closer to the trees.

Keywords: light intensity; herbicide desiccation; dose reduction; chlorophyll fluorescence.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Sistemas integrados de produção agropecuária	14
3.2 Gênero <i>Urochloa</i> e sistemas integrados de produção agrícola	16
3.3 Gênero <i>Urochloa</i> e sua adaptação ecofisiológica a sistemas integrados de produção	17
3.4 Cultivo de forrageiras para a produção de palhada para a agricultura	18
3.5 Glyphosate, mecanismo de ação e recomendações de uso	19
3.6 Ação do Glyphosate em plantas sombreadas	20
REFERÊNCIAS	22
4 ARTIGOS	31
4.1 Artigo I – A intensidade luminosa no ambiente de cultivo e a ação do glyphosate em plantas do gênero <i>Urochloa</i>	31
4.2 Artigo II – Influência da distância da linha de eucalipto na dessecação de <i>Urochloa decumbens</i> e <i>Urochloa brizantha</i> por glyphosate e decomposição da palhada em Sistema Silvipastoril	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os plantios de eucalipto apresentaram crescimento considerável nas diversas regiões do país, sendo os projetos implantados, principalmente, em pastagens degradadas em regiões de biomas como o da Mata Atlântica e do Cerrado. A importância desses biomas impõe que os projetos florestais instalados sejam manejados de forma racional e sustentável, sobretudo em relação à manutenção da sua biodiversidade, do bem-estar social e da produção em si.

Com 7,53 milhões de hectares de eucalipto cultivados no Brasil (IBA, 2022), o estado de Minas Gerais se destaca por possuir a maior área de florestas de eucalipto do país, cuja produção representa aproximadamente 30% do total, com cerca de 2,24 milhões de hectares (IBA, 2022). Além dos plantios puros de eucalipto, o uso da espécie florestal na Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), um dos pilares do Plano ABC, vem crescendo vigorosamente, com estimativa de 17,4 milhões de hectares consorciados na safra 2020/2021 no Brasil (ILPF, 2023).

Um dos desafios da agricultura moderna é a inserção das tecnologias e do correto manejo das culturas, privando pelo uso racional e sustentável das áreas. No setor florestal não é diferente, com destaque para as dificuldades de implantação e operacionalização de tecnologias mais sustentáveis, sobretudo em áreas de fomento com pequenos e médios produtores. Dentre os tratamentos culturais do eucalipto, seja em cultivos puros, seja em cultivos consorciados, o manejo de plantas daninhas merece destaque dado aos prejuízos na produtividade quando da sua não realização; ao número de trabalhadores envolvidos, sobretudo, em áreas montanhosas; aos efeitos dos herbicidas no meio ambiente; ao custo dessa operação e ao desconhecimento das práticas adequadas de manejo.

Apesar de o gênero *Eucalyptus* possuir espécies de rápido crescimento e apresentar boa competitividade quanto ao seu estabelecimento no campo, isso não o isenta da interferência das plantas daninhas, que tem como consequência o decréscimo quantitativo e qualitativo da sua produção. Espécies com hábito trepador podem se enrolar nas árvores, promover prejuízos para o crescimento e induzir a formação de nós e brotamentos laterais, o que deprecia a qualidade da madeira (Pereira *et al.*, 2014). Adicionalmente, a presença de plantas daninhas no sub-bosque potencializa os riscos com incêndios, uma das maiores preocupações do setor florestal, bem como acidentes de trabalho no campo.

Devido às grandes áreas cultivadas, à escassez de mão de obra e ao menor custo dos métodos químicos de controle das plantas daninhas, essa tecnologia tem sido a mais adotada em cultivos florestais, principalmente com o uso do glyphosate. O glyphosate (N-fosfonometil glicina) é um herbicida amplamente utilizado na agricultura em todo o mundo (Valle *et al.*, 2019), sendo aplicado na pós-emergência de plantas daninhas, com translocação via floema e xilema (Costa *et al.*, 2020). Em plantas suscetíveis, após ser absorvido, o glyphosate inibe a atividade da 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), o que afeta a rota metabólica do ácido chiquímico e, conseqüentemente, resulta em paralização no crescimento, clorose foliar, necrose tecidual e morte de plantas sensíveis ao produto (Costa *et al.*, 2020; Freitas-Silva *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2022a).

O manejo de plantas daninhas com o glyphosate pode trazer conseqüências para os agroecossistemas, tais como: mudanças na diversidade de espécies de plantas (Tuffi Santos *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2015), na atividade microbológica do solo – inclusive de microrganismos benéficos (Santos *et al.*, 2006), danos a organismos não alvo (Freitas-Silva *et al.*, 2020), contaminação do solo e de corpos d'água (Oliveira Júnior *et al.*, 2011) e dos trabalhadores envolvidos com a atividade (Belo *et al.*, 2012). Os efeitos do glyphosate nas plantas, em organismos não alvo, e os impactos ambientais relacionados à sua aplicação podem ser diretamente influenciados pelo ambiente de cultivo e pelas doses aplicadas do produto.

Em ambientes sombreados, condição comumente encontrada sob os dosséis das florestas plantadas de eucalipto (Mattos *et al.*, 2020), algumas plantas daninhas são mais sensíveis à ação do glyphosate, como *Merremia cissoides* (Ferreira *et al.*, 2022a), *Euphorbia heterophylla* (Ferreira *et al.*, 2022b), *Macroptilium atropurpureum* (Costa *et al.*, 2020), *Commelina benghalensis* e *Cyperus rotundus* (Santos *et al.*, 2015), e podem ser controladas com doses mais baixas desses produtos.

A aplicação de herbicidas em doses menores com alta eficiência de controle, como ocorre em sombreamento, ajuda a reduzir os impactos negativos desses pesticidas no ambiente, tão questionados atualmente pela sociedade (Zoller *et al.*, 2018; Lupi *et al.*, 2019; Agostini *et al.*, 2020), além de reduzir os custos de produção.

Apesar da importância do manejo de plantas daninhas na eucaliptocultura, poucas pesquisas têm buscado elucidar os impactos das práticas adotadas sobre o ambiente, as interações ecológicas em seu cultivo, bem como o estudo de alternativas para minimizar esses

riscos. Adicionalmente, o ambiente de crescimento das plantas daninhas promovido pelo sub-bosque do eucalipto, deve ser levado em consideração nas práticas de manejo, sobretudo quanto à eficiência do glyphosate no controle de plantas daninhas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver e difundir práticas de manejo integrado de plantas daninhas e dessecação de forrageiras em cultivos de eucalipto puros ou em sistema silvipastoril, privando pelo uso adequado de herbicidas e pela minimização da contaminação do ambiente.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a resposta de genótipos de *Urochloa* submetidos a dessecação por diferentes doses de glyphosate, em pleno sol e em ambiente sombreado artificialmente.

Avaliar a dessecação por glyphosate de *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha* cv. Marandu e o processo de decomposição da palhada produzida em sistema silvipastoril com diferentes níveis de sombreamento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sistemas integrados de produção agropecuária

O sistema integrado de produção agropecuária pode ser definido como a concentração de diferentes finalidades de uso da terra em uma mesma área, de forma integrada, com o propósito de potencializar o uso do espaço, dos meios de produção e da rentabilidade (Hirakuri *et al.*, 2012).

Uma característica comum a todas as modalidades de sistemas integrados é o sombreamento, seja proporcionado pelas árvores em relação às culturas agrícolas e pastagens localizadas nos estratos inferiores, seja pelas culturas agrícolas em relação à pastagem. Porém, os sistemas integrados de produção vão além da restrição luminosa, pois possuem outras características determinantes, como microclima próprio e complexo e fatores com impacto mais profundo do que apenas mudanças na quantidade e qualidade da luz incidente (Bernardino; Garcia, 2010).

Entre os sistemas integrados de produção agropecuária, podemos citar a integração lavoura-pecuária (ILP) ou agropastoril, integração lavoura-floresta (ILF) ou silviagrícola, integração pecuária-floresta (IPF) ou silvipastoril e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou agrossilvipastoril (Balbino; Barcellos; Stone, 2011).

Entre os sistemas integrados de produção, o sistema agropastoril ou integração lavoura-pecuária é caracterizado pela adoção de culturas agrícolas e pastagens na mesma área (Balbino; Barcellos; Stone, 2011). Esse sistema pode otimizar o uso do solo e proporcionar maior ciclagem de nutrientes e incremento de matéria orgânica. Além disso, proporciona acréscimo produtivo em áreas anteriormente ocupadas apenas com pastagem, que passam a produzir também grãos. O pasto, por sua vez, é beneficiado pela adubação residual oriunda de aplicações nas culturas (Zonta *et al.*, 2016).

O sistema silviagrícola ou integração lavoura-floresta se caracteriza pela coexistência de culturas agrícolas e árvores em um mesmo espaço. Os cultivos agrícolas podem ser anuais ou perenes. Tal estratégia de integração visa proporcionar, com o elemento arbóreo, incremento produtivo em áreas que normalmente produziam somente culturas agrícolas (Behling *et al.*, 2014). Esse sistema de produção é capaz de reduzir a amplitude térmica,

fazendo com que haja menor variação de temperatura, menor variação da umidade do ar e menor intensidade de ventos na área, o que torna o local de cultivo menos suscetível a variações climáticas (Ribaski *et al.*, 2009; Balbino; Barcellos; Stone, 2011).

Sistema silvipastoril ou integração pecuária-floresta é a modalidade de sistema integrado de produção que reúne árvores e pastagens na mesma área (Paciullo *et al.*, 2011). Esse sistema pode conter árvores e pastagens cultivadas de forma intencional ou que tenham surgido de forma espontânea e natural (Vanzela; Santos, 2013).

O sistema silvipastoril proporciona benefícios para forrageiras e animais, pois tem a capacidade de protegê-los de variações climáticas extremas que poderiam significar prejuízos para o desempenho vegetal e animal. O componente arbóreo em áreas de pastagem funciona como barreira para a radiação solar, além de diminuir perdas de radiação no período noturno, o que reduz a incidência de geadas e ventos dessecantes (Pedro Júnior *et al.*, 1995). A presença de áreas sombreadas nesse sistema promove microclima favorável e com conforto térmico para o rebanho, sobretudo em estações com temperaturas mais desafiadoras (Deniz *et al.*, 2021).

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta ou agrossilvipastoril consiste na presença de árvores, culturas agrícolas e pastagem, no mesmo ambiente, de forma intencional (Balbino *et al.*, 2012). Esse sistema tem como objetivo principal a maximização do uso da terra, com sustentabilidade ambiental e competitividade. Além disso, é indicado como estratégia para a recuperação de áreas degradadas (Balbino; Barcellos; Stone, 2011; Bungenstab, 2012).

No Brasil, existem aproximadamente 17,43 milhões de hectares ocupados com a integração lavoura-pecuária-floresta. Entre os cinco estados com a maior presença do sistema, Mato Grosso do Sul se destaca, com cerca de 3,16 milhões de hectares, seguido pelos estados de Mato Grosso (2,28 milhões de hectares), Rio Grande do Sul (2,21 milhões de hectares), Minas Gerais (1,59 milhão de hectares) e Goiás (1,43 milhão de hectares) (Polidoro *et al.*, 2020).

Na ILPF, há variação no tempo em que cada cultura permanece no sistema, de acordo com a estratégia adotada ou com o planejamento desejado. De modo geral, pode-se utilizar a pecuária por períodos de três meses a cinco anos, retornando novamente com a lavoura; esta, por sua vez, pode ser utilizada por períodos de apenas cinco meses, chegando até cinco anos.

O elemento arbóreo pode ser utilizado por um período menor, intermediário ou longo, dependendo do objetivo e da espécie empregada no sistema (Balbino *et al.*, 2019).

3.2 Gênero *Urochloa* e sistemas integrados de produção agrícola

As plantas do gênero *Urochloa*, sinonímia *Brachiaria*, têm origem nas regiões tropical e subtropical do continente africano. O gênero é composto por aproximadamente cem espécies, entre as quais, oito se destacam por serem as mais utilizadas: *U. brizantha*, *U. decumbens*, *U. ruziziensis*, *U. humidicola*, *U. mutica*, *U. arrecta*, *U. dictyoneura* e *U. mosambicensis*. Tais plantas apresentam boa adaptação a diversos ambientes, sendo encontradas em regiões úmidas e alagáveis, florestas com baixa densidade e regiões semiáridas (Valle *et al.*, 2010).

No Brasil, as plantas do gênero *Urochloa* se tornaram as mais utilizadas para o pastejo, chegando a ocupar 70% das áreas de pastagem do país; o capim-braquiária (*U. decumbens*) foi responsável por metade desse montante (Alvim *et al.*, 2002). A preferência pela adoção de plantas desse gênero se deve a fatores como a boa adaptação aos diferentes sistemas de produção, inclusive aos sistemas com manejo deficitário; a boa adaptação aos diferentes biomas, principalmente o Cerrado; e a tolerância à acidez e a solos de baixa e média fertilidade (Euclides *et al.*, 2014).

Porém, a susceptibilidade à cigarrinha das pastagens fez com que essa gramínea tenha sido gradativamente substituída pelo capim-Marandu (*U. brizantha* cv. Marandu), por apresentar tolerância a essa praga. Atualmente, o capim-Marandu é a forrageira mais utilizada no Brasil, sendo, portanto, uma espécie de grande importância e distribuição nacional. A produção de sementes dessa forrageira foi superior a 132 mil toneladas na safra 2018/2019 (Kist *et al.*, 2019).

Grande parte do desenvolvimento de estudos científicos com forrageiras se deu com base nas cultivares Marandu e Basilisk, *U. brizantha* e *U. decumbens*, respectivamente, por serem as plantas mais cultivadas do gênero *Urochloa* (Braga *et al.*, 2008; Giacomini *et al.*, 2009; Pedreira *et al.*, 2009; Silveira *et al.*, 2013).

Outra planta do gênero que se destaca é o capim-Ruziziensis (*U. ruziziensis*). A produção de sementes do capim-Ruziziensis fica atrás somente do capim-Marandu, com

produção em torno de 37 mil toneladas, na safra 2018/2019 (Kist *et al.*, 2019). Tal forrageira se destaca por ser bastante utilizada para a produção de palhada para plantio direto, além de ser recomendada também para sistemas integrados de produção, como agropastoril e agrossilvilpstoril (Carvalho *et al.*, 2022), pois apresenta boa produção de matéria seca (Pariz *et al.*, 2011) e manejo de dessecação por herbicidas considerado simples, em comparação com outras plantas do gênero (Costa *et al.*, 2014).

3.3 Gênero *Urochloa* e sua adaptação ecofisiológica a sistemas integrados de produção

A presença de árvores nos sistemas integrados de produção agropecuária pode promover mudanças no microclima do sub-bosque, onde estão localizadas as culturas, no estrato inferior, além de afetar a quantidade e a qualidade da luz incidente (Bernardino; Garcia, 2010). Diante disso, é importante conhecer a dinâmica de morfogênese de forrageiras cultivadas integradas com árvores, para a adoção de estratégias que permitam o sucesso do sistema. As variáveis morfogênicas são responsáveis por determinar as características estruturais das gramíneas, como o tamanho das folhas e a densidade de perfilhos (Paciullo *et al.*, 2008).

Sob baixa incidência de luz, as folhas das gramíneas têm a capacidade de se adaptarem, desenvolvendo uma aclimação que reduz o número de células do mesófilo por unidade de área, tornando-se mais finas e com menos estruturas de sustentação (Gómez; Guenni; Bravo de Guenni, 2012). Além disso, a restrição luminosa também reduz a densidade populacional de perfilhos e a densidade volumétrica (Paciullo *et al.*, 2007; Paciullo *et al.*, 2008; Bernardino; Garcia, 2010; Lopes *et al.*, 2017). A radiação promove a ativação de gemas axilares basais para a formação de novos perfilhos (Bernardino; Garcia, 2010).

Em sistemas de cultivo consorciado, composto por árvores e gramíneas, há mudança no padrão de alocação de fotoassimilados pelas forrageiras, implicando maior taxa de alongamento de colmos, acréscimo no comprimento de folhas e maior área foliar, o que se entende como uma tentativa da planta de captar mais luz em ambiente de luminosidade reduzida. A redução na densidade populacional de perfilhos pode, até certo ponto, ser compensada pelo aumento da massa de cada perfilho, em decorrência do alongamento de

folhas e colmos, sendo observada – tal característica – em sombreamentos mais intensos (Paciullo *et al.*, 2008).

A redução da luminosidade em sistemas integrados pode influenciar negativamente na produção de matéria seca da forragem e positivamente na relação folha-colmo. As folhas apresentam modificação estrutural, tornando-se maiores, mais estioladas e mais tenras. Tais modificações são características adaptativas das forrageiras em resposta ao decréscimo na luminosidade (Soares *et al.*, 2009).

Como o sombreamento é heterogêneo ao longo do sistema, há diferença entre as forrageiras, em decorrência da sua localização na área. Em termos gerais, há maior sombreamento próximo das linhas de árvores e menor sombreamento próximo do meio da entrelinha. Isso influencia as gramíneas de forma diferenciada, fazendo com que haja menor densidade de perfilhos, com menor taxa de acúmulo próximo do elemento arbóreo e maior densidade de perfilhos e de taxa de acúmulo com o afastamento em relação ao renque de árvores (Paciullo *et al.*, 2011).

O microclima proporcionado pelo sub-bosque exerce influência nos teores de carboidratos solúveis e fibras, fazendo com que estejam mais equilibrados, quando comparados com teores observados em forrageiras desenvolvidas em pleno sol, onde se observa maior teor de fibra e menor de carboidratos solúveis (Garcia *et al.*, 2010). Em relação ao nitrogênio, este apresenta maiores valores em gramíneas de sombra (Deinum *et al.*, 1996).

3.4 Cultivo de forrageiras para a produção de palhada para a agricultura

Agronomicamente, o termo palhada constitui cobertura morta vegetal que se localiza no extrato superficial do solo (Nivelle *et al.*, 2016). Entre as práticas de controle de plantas daninhas, uma alternativa é a utilização de forrageiras como plantas de cobertura do solo; estas, por sua vez, podem ser utilizadas para formação de palhada para plantio direto. Essa prática tem como objetivo principal a formação de uma barreira que reduz a ocorrência de plantas daninhas, mas também previne a erosão, reduz a perda de nutrientes e melhora a infiltração e manutenção de água no solo (Wittwer *et al.*, 2017; Gfeller *et al.*, 2018).

Além disso, a cobertura do solo com palhada pode promover a redução paulatina do banco de sementes de plantas daninhas, o que pode reduzir a necessidade de utilização de

herbicidas, assim como os custos da atividade (Borghi *et al.*, 2008). Nesse sentido, as forrageiras do gênero *Urochloa* se sobressaem por serem comumente utilizadas para essa finalidade, pois têm a capacidade de produzir grande quantidade de matéria seca (Severino; Carvalho; Christoffoleti, 2006; Monquero *et al.*, 2010) e resistência ao déficit hídrico (Pacheco *et al.*, 2011; Nascente; Crusciol, 2012).

Dentro do gênero *Urochloa*, *U. ruziziensis* se destaca como planta largamente utilizada com a finalidade de cobertura do solo e a formação de palhada para plantio direto, pois apresenta boa capacidade de competição com plantas invasoras e boa proteção contra a erosão (Hirata *et al.*, 2009). Pode melhorar as características físicas do solo, promover ambiente favorável para a microbiota, reduzir a temperatura em até 10 °C (Cook; Valdes; Lee, 2006; Prando *et al.*, 2010), além de apresentar facilidade de dessecação por herbicidas (Souza Sobrinho *et al.*, 2009; Machado; Assis, 2010; Brighenti *et al.*, 2011).

3.5 Glyphosate, mecanismo de ação e recomendações de uso

O glyphosate, N (fosfometil) glicina, é um herbicida sistêmico, não seletivo, de amplo espectro de ação, utilizado em aplicações em pós-emergência das plantas daninhas, que apresenta baixo potencial de toxicidade para animais, além de baixo potencial de dano ambiental (Duke; Powles, 2008; Meftaul *et al.*, 2020), principalmente por não apresentar atividade no solo, em decorrência de sua sorção com óxidos de ferro e alumínio (Bridges, 2003).

O glyphosate é o herbicida mais utilizado no Brasil (IBAMA, 2023) e no mundo (Novotny, 2022) para o controle de plantas daninhas em áreas agrícolas, ambientes aquáticos, ruas, rodovias, ferrovias, parques e ambientes industriais (Silva *et al.*, 2007).

Esse herbicida é absorvido pelas folhas das plantas e, posteriormente, é translocado, preferencialmente, via floema, para os pontos de crescimento e para as raízes (Kirkwood *et al.*, 2000; Tuffi Santos *et al.*, 2008); partes estas que apresentam maior sensibilidade à ação do herbicida (Feng; Chiu; Sammons, 2003). Seu mecanismo de ação se dá pela inibição da enzima 5-enol-piruvil-shikimato-3-fosfato sintase (EPSPs) (Kataoka *et al.*, 1996; Forlani *et al.*, 1999; Gomes *et al.*, 2014).

O glyphosate, ao bloquear a enzima EPSPs, impede a biossíntese de aminoácidos aromáticos, tirosina, triptofano e fenilalanina, produzidos por meio da rota do chiquimato (Gravena *et al.*, 2012), e precursores de compostos importantes, como ligninas, auxina, flavonoides, taninos, alcaloides, dentre outros (Maeda; Dudareva, 2012). As plantas tratadas com glyphosate apresentam morte completa em um período que pode variar entre uma e três semanas (Chang; Liao, 2002).

Como visto anteriormente, o glyphosate é o principal herbicida usado no pré-plantio de culturas para a limpeza de áreas, no plantio convencional, e para a dessecação na adoção do sistema de plantio direto na palha. Do mesmo modo, as plantas do gênero *Urochloa* estão entre as forrageiras mais cultivadas no Brasil (Kist *et al.*, 2019) e são frequentemente usadas para a produção de palhada para o plantio direto (Colonego *et al.*, 2012). Essas gramíneas também são plantas daninhas importantes para diferentes cultivos, devido à sua alta capacidade competitiva e de estabelecimento (Euclides *et al.*, 2014).

A dose de 2160 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate é recomendada pelo fabricante para o controle de *U. brizantha*, enquanto uma faixa entre 1440 e 2160 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate é indicada para o controle de *U. decumbens* (AGROFIT, 2024). Para a *U. ruziziensis*, não existe recomendação de dose na bula do produto, apesar da facilidade de dessecação da espécie pelo herbicida (Costa *et al.*, 2014). Torna-se evidente a importância de se estudar plantas do gênero *Urochloa* para a geração de conhecimento acerca da resposta dessas forrageiras ao glyphosate, em pleno sol e quando sombreadas.

3.6 Ação do Glyphosate em plantas sombreadas

As plantas sombreadas apresentam algumas mudanças morfofisiológicas em relação às plantas cultivadas em pleno sol, o que pode alterar sua resposta à ação de herbicidas. Morfológicamente, em decorrência do sombreamento, as plantas reduzem a espessura das folhas e aumentam o índice de área foliar (Ajimi *et al.*, 2018), além de reduzirem a deposição de ceras epicuticulares (Costa *et al.*, 2020), favorecendo a penetração do herbicida. Plantas crescidas em ambientes sombreados tendem a destinar maior parte da matéria seca para o crescimento da parte aérea, em detrimento da porção radicular (Artru *et al.*, 2018), além de

alongarem suas estruturas, como colmos e folhas (Paciullo *et al.*, 2007), e reduzirem o acúmulo de forragem (Oliveira *et al.*, 2021).

Fisiologicamente, o sombreamento causa alterações nos teores de pigmentos fotossintéticos (Taiz; Zaiger, 2013), como resposta a menor incidência de radiação fotossinteticamente ativa. Há redução da taxa fotossintética, da transpiração, da condutância estomática (Ajimi *et al.*, 2018) e das enzimas rubisco e peroxidase, importantes para o processo de fotossíntese (Hussain *et al.*, 2019).

Devido às alterações provocadas pelo sombreamento, plantas crescidas sob essa condição podem ser mais suscetíveis à ação do glyphosate. Em ambientes com restrição luminosa, condição comumente encontrada sob os dosséis das florestas plantadas de eucalipto (Mattos *et al.*, 2020), algumas plantas daninhas são mais sensíveis à ação do glyphosate, como *Merremia cissoides* (Ferreira *et al.* 2022a), *Euphorbia heterophylla* (Ferreira *et al.* 2022b), *Macroptilium atropurpureum* (Costa *et al.*, 2020), *Commelina benghalensis* e *Cyperus rotundus* (Santos *et al.*, 2015), e podem ser controladas com doses mais baixas, em comparação com as doses necessárias para controle em pleno sol.

A aplicação de herbicidas em doses menores com alta eficiência de controle, como ocorre em sombreamento, ajuda a reduzir os impactos negativos desses pesticidas no ambiente, tão questionados atualmente pela sociedade (Zoller *et al.* 2018; Lupi *et al.* 2019; Agostini *et al.* 2020), além de reduzir os custos de produção.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, L. P. *et al.* Effects of glyphosate exposure on human health: Insights from epidemiological and in vitro studies. **Sci Total Environ.**, [S. l.], v. 705, p. 135808, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135808. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31972943/>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA)**. Brasília, DF: AGROFIT, c2003. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 25 jan. 2024.
- AJIMI, A. *et al.* Prolonged artificial shade affects morphological, anatomical, biochemical and ecophysiological behavior of young olive trees (cv. Arbosana). **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 241, p. 275-284, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.089>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423818304813>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; XAVIER, D. F. **As principais espécies de Brachiaria utilizadas no país**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/783242/as-principais-especies-de-brachiaria-utilizadas-no-pais>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- ARTRU, S. *et al.* Sugar beet development under dynamic shade environments in temperate conditions. **European Journal of Agronomy**, [S. l.], v. 97, p. 38-47, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.04.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030118300911>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/923530/1/balbino01.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- BALBINO, L. C. *et al.* Agricultura sustentável por meio da integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). **International Plant Nutrition Institute (IPNI)**, Piracicaba, n. 138, p. 1-18, 2012. Disponível em: <https://abre.ai/jymu>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- BALBINO, L. C. *et al.* Sistemas de integração: conceitos, contribuições, considerações e desafios. In: BUNGENSTAB, D. J. *et al.* (org.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 31-58. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1113064/ilpf-inovacao-com-integracao-de-lavoura-pecuaria-e-floresta>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- BEHLING, M. *et al.* Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). In: **FUNDAÇÃO MT. Boletim de pesquisa de soja**. Rondonópolis: Fundação MT, 2014, p. 306-325.

- BELO, M. S. S. P. *et al.* Uso de agrotóxicos na produção de soja do estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 78-88, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/6WpPZxTdH4GdPPCh4TwndHc/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], n. 60, p. 77, 2010. Disponível em: <https://abre.ai/jymy>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- BORGHI, E. *et al.* Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/TqvzxwMcRkfV466ccZ5rgyv/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- BRAGA, G. J.; PORTELA, J. N.; PEDREIRA, C. G. S. Crescimento de folhas e hastes durante a rebrotação de *Brachiaria decumbens* sob efeito de intensidade e frequência de pastejo. In: 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45., 2008, Lavras. **Anais [...]**. Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ), 2008. (CD-ROM).
- BRIDGES, D. C. Glyphosate-type herbicidas. In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, p. 501-513, 2003.
- BRIGHENTI, A. M. *et al.* Suscetibilidade diferencial de espécies de braquiária ao herbicida glifosato. **Pesq. agrop. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1241-1246, out. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/RHtzTK3y9XqFxFV4yc6TDnqF/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. Brasília: Embrapa, 2012, p. 27-48. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/938814/sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-a-producao-sustentavel>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- CARVALHO, M. L. *et al.* **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2022. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Livro_Plantas_de_Cobertura_completo.pdf. Acesso em: 20 abr. 2024.
- CHANG, S. Y.; LIAO, C. H. Analysis of glyphosate, glufosinate and aminomethylphosphonic acid by capillary electrophoresis with indirect fluorescence detection. **Journal of Chromatography A**, [S. l.], v. 959, n. 1-2, p. 309-315, 2002. DOI: 10.1016/s0021-9673(02)00453-3. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12141557/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- COLONEGO, J. C. *et al.* Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, Sept./Oct. 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13885>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- COOK, H. F.; VALDES, G. S. B.; LEE, H. C. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L. **Soil Tillage Research**, [S. l.], v. 91, n. 1-2, p. 227-235, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.12.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198705003144>. Acesso em: 20 abr. 2024.

COSTA, G. A. *et al.* Efficiency of glyphosate and carfentrazone-ethyl in the control of *Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb. under different light intensities. **South African Journal of Botany**, [S. l.], v. 131, p. 302-309, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.028>. Disponível em: <https://abre.ai/jymB>. Acesso em: 20 abr. 2024.

COSTA, N. V.; PERES, E. J. L.; RITTER, L.; SILVA, P. V. Doses de glyphosate na dessecação de *U. ruziziensis* antecedendo o plantio do milho. **Scientia Agrária Paranaensis**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 117-125, 2014. DOI: 10.18188/sap.v13i2.6722. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/6722>. Acesso em: 20 abr. 2024.

DEINUM, B. *et al.* Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *trichoglume*). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, [S. l.], v. 44, n. 2, p. 111-124, 1996. DOI: <https://doi.org/10.18174/njas.v44i2.551>. Disponível em: <https://library.wur.nl/ojs/index.php/njas/article/view/551>. Acesso em: 20 abr. 2024.

DENIZ, M. *et al.* Social hierarchy influences dairy cows' use of shade in a silvopastoral system under intensive rotational grazing. **Applied Animal Behaviour Science**, [S. l.], v. 244, p. 105467, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105467>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159121002549>. Acesso em: 20 abr. 2024.

DUKE, S. O; POWLES, S. B. Glyphosate: A once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008. DOI: 10.1002/ps.1518. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18273882/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

EUCLIDES, V. P. B. *et al.* Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 808-818, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000006>. Disponível em: <https://abre.ai/jymC>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FENG, P. C. C.; CHIU, T.; SAMMONS, D. Glyphosate efficacy is contributed by its tissue concentration and sensitivity in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Pesticide Biochemistry Physiology**, [S. l.], v. 77, n. 1, p. 83-91, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2003.08.005>. Disponível em: <https://abre.ai/jymE>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FERREIRA, G. A. P. *et al.* Adequacy of glyphosate doses in the *Merremia cissoides* (Lam.) Hallier f. controlas a function of light intensity in the growth environments. **J Environ Sci Health Part B**, [S. l.], v. 57, n. 12, p. 960-969, 2022a. DOI: 10.1080/03601234.2022.2151790. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36482764/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FERREIRA, G. A. P. *et al.* Glyphosate doses should be lower for shaded environments: light and the sensitivity of *Euphorbia heterophylla*. **International Journal of Pest Management**, [S. l.], v. 68, p. 1, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2056254> Disponível em: <https://abre.ai/jycX>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FORLANI, G. *et al.* Degradation of the phosphonate herbicide glyphosate in soil: evidence for a possible involvement of unculturable microorganisms. **Soil biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 31, n. 7, p. 991-997, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00010-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00010-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071799000103>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FREITAS-SILVA, L. *et al.* Evaluation of morphological and metabolic responses to glyphosate exposure in two neotropical plant species. **Ecological Indications**, [S. l.], v. 113, p. 106246, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106246>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X20301837>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; GOBBI, K. F. Sistemas silvipastoris: uma integração pasto, árvore e animal. In: OLIVEIRA NETO, S. N. *et al.* (org.). **Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2010, p. 123-165.

GFELLER, A. *et al.* Explanations for *Amaranthus retroflexus* growth suppression by cover crops. **Crop Protection**, v. 104, p. 11-20, fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.006>. Disponível em: <https://abre.ai/jymH>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GIACOMINI, A. A. *et al.* Growth of marandu palisade grass subjected to strategies of intermitente stocking. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 733-741, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000600003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/RzhGs9CdG3jLzgDGWMtbfSg/?lang=en>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GOMES, M. P. *et al.* Alteration of plant physiology by glyphosate and its by-product aminomethylphosphonic acid: An overview. **J Exp Bot.**, [S. l.], v. 65, n. 17, p. 4691-4703, 2014. DOI: [10.1093/jxb/eru269](https://doi.org/10.1093/jxb/eru269). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25039071/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GÓMEZ, S.; GUENNI, O.; BRAVO DE GUENNI, L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. **Grass Forage Science**, [S. l.], v. 68, n. 3, p. 395-407, 2013. DOI: [10.1111/gfs.12002](https://doi.org/10.1111/gfs.12002). Disponível em: <https://abre.ai/jyjt>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GRAVENA, R. *et al.* Glyphosate has low toxicity to citrus plants growing in the field. **Canadian Journal of Plant Science**, [S. l.], v. 92, n. 1, p. 119-127, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps2011-055>. Disponível em: <https://abre.ai/jyjL>. Acesso em: 20 abr. 2024.

HIRATA, A. C. S. *et al.* Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do tomate em plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 465-472, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000300006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/PNjxzdDXq6jMJFxxWVSQv5TR/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2024.

HIRAKURI, M. H. *et al.* **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola.** Londrina: Embrapa Soja, 2012. Disponível em: <https://abre.ai/jym4> . Acesso em: 20 abr. 2024.

HUSSAIN, S. *et al.* Changes in morphology, chlorophyll fluorescence performance and Rubisco activity of soybean in response to foliar application of ionic titanium under normal light and shade environment. **Science of The Total Environment**, v. 658, p. 626-637, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.182>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718350277>. Acesso em: 20 abr. 2024.

IBA – Indústria Brasileira de Árvores. **Report 2022.** Brasília; São Paulo: IBA, c2022. Disponível em: www.iba.org. Acesso em: 20 mar. 2023.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos.** Brasília: IBAMA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 20 abr. 2024.

ILPF - Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta. **Rede ILPF.** [S. l.]: ILPF, c2023. Disponível em: <https://redeilpf.org.br/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

KATAOKA H. *et al.* Simple and rapid determination of the herbicides glyphosate and glufosinate in river water, soil and carrot samples by gas chromatography with flame photometric detection. **Journal of Chromatography A**, [S. l.], v. 726, n. 1-2, p. 253-258, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(95\)01071-8](https://doi.org/10.1016/0021-9673(95)01071-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0021967395010718>. Acesso em: 21 abr. 2024.

KIRKWOOD, R. C. *et al.* Absorption, localisation, translocation and activity of glyphosate in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L) Beauv): influence of herbicide and surfactant concentration. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 56, n. 4, p. 359-367, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1526-4998\(200004\)56:4<359::AID-PS145>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1526-4998(200004)56:4<359::AID-PS145>3.0.CO;2-S). Disponível em: <https://abre.ai/jyi7> . Acesso em: 21 abr. 2024.

KIST, B. B. *et al.* **Anuário brasileiro de sementes 2019.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-sementes-2019/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

LOPES, C. M. *et al.* Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9201>. Disponível em: <https://abre.ai/jym7> . Acesso em: 21 abr. 2024.

LUPI, L. *et al.* Glyphosate runoff and its occurrence rainwater and subsurface soil in the nearby area of agricultural fields in Argentina. **Chemosphere**, [S. l.], v. 225, p. 906-914, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.090>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519305260>. Acesso em: 21 abr. 2024.

- MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesq. agrop. bras.**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000400010>. Disponível em: <https://abre.ai/jyna>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- MAEDA, H.; DUDAREVA, N. The Shikimate Pathway and Aromatic Amino Acid Biosynthesis in Plants. **Annu Rev Plant Biol.**, [S. l.], v. 63, p. 73-105, 2012. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042811-105439. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22554242/>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- MATTOS, E. M. *et al.* Variation in canopy structure, leaf area, light interception and light use efficiency among *Eucalyptus clones*. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 463, n. 1, p. 118038, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112719322352>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- MEFTAUL, I. M. *et al.* Controversies over human health and ecological impacts of glyphosate: Is it to be banned in modern agriculture? **Environ Pollut.**, [S. l.], v. 263, p. 114372, 2020. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114372. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32203845/>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- MONQUERO, P. A. *et al.* Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 561-563, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000300013>. Disponível em: <https://abre.ai/jyin>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. **Pesq. agrop. bras.**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 187-192, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000200006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/BFqQr4bJhmv3BKc8tvYTjNN/>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- NIVELLE, E. *et al.* Functional response of soil microbial communities to tillage, cover crops and nitrogen fertilization. **Applied Soil Ecology**, [S. l.], v. 108, p. 147-155, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.08.004>. Disponível em: <https://abre.ai/jynd>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- NOVOTNY E. Glyphosate, Roundup and the Failures of Regulatory Assessment. **Toxics**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. 321, 2022. DOI: 10.3390/toxics10060321. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9229215/>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 1. ed. Curitiba: Omnipax, 2011. Disponível em: <https://abre.ai/jynh>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- OLIVEIRA, V. A. V. *et al.* Defoliation heights for palisade grass cv. Marandu in silvopastoral system. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 73, n. 03, p. 665-674, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12253>. Disponível em: <https://abre.ai/jynk>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- PACHECO, L. P. *et al.* Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011. DOI:

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000100003>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/pab/a/BPVHKxxjn8KJ4qJBFxB7tzC/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000009>. Disponível em: <https://abre.ai/jynt> . Acesso em: 21 abr. 2024.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 917-923, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ySK6BvBkLwxKBcJLCTzbGRP/?lang=pt>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400016>. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400016>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PARIZ, C. M. *et al.* Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000500023>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/BC8rTmb4y6wZVJ8QZDQCMQb/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000400005>. Disponível em: <https://abre.ai/jynx>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PEDRO JÚNIOR, M. J. Índices climáticos de crescimento para gramíneas forrageiras no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 427-435, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051995000200022>. Disponível em: <https://abre.ai/jynA>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PEREIRA, F. C. M. *et al.* Interferência de plantas daninhas: conceitos e exemplos na cultura do eucalipto. **Revista de Ciências Agrônômicas**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 236-255, 2014. Disponível em: <https://abre.ai/jybw> . Acesso em: 21 abr. 2024.

POLIDORO, J. C. *et al.* The impact of plans, policies, practices and technologies based on the principles of conservation agriculture in the control of soil erosion in Brazil. **Authorea**, [S. l.], 2020. DOI: 10.22541/au.158750264.42640167. Disponível em: <https://abre.ai/jyf7>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PRANDO, M. B. *et al.* A. Infiltração de água no solo em função da escarificação e rotação de culturas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 693-700, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300010>. Disponível em: <https://abre.ai/jyf8>. Acesso em: 21 abr. 2024.

RIBASKI, J. *et al.* Experiências com sistemas silvipastoris em solos arenosos na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. *In: Workshop integração lavoura-pecuária-floresta no bioma*

pampa, 2009, Brasília, DF. **Resumos e palestras apresentadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2009. Disponível em: <https://abre.ai/jynD>. Acesso em: 22 abr. 2024.

RODRIGUES, L. M. *et al.* Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Interação entre Componentes e Sustentabilidade do Sistema. **Arch. Zootec.**, Córdoba, v. 68, n. 263, p. 448-455, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v68i263.4207>. Disponível em: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/4207>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SAGAN, Carl. **With Science on Our Side**. Washington: The Washington Post, 1994. Disponível em: <https://abre.ai/jygf>. Acesso em: 22 abr. 2024.

SANTOS, J. B. *et al.* Fitorremediação de solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium por diferentes densidades populacionais de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L. DC.). **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 444-449, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000300009>. Disponível em: <https://abre.ai/jynE>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SANTOS, S. A. *et al.* Influence of shading on the leaf morphoanatomy and tolerance to glyphosate in *Commelina benghalensis* L. and *Cyperus rotundus* L. **Australian Journal of Crop Science**, [S. l], v. 9, n. 2, p. 135-142, 2015. Disponível em: <https://abre.ai/jyb5>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SEVERINO, F. J. CARVALHO, S. J. P. CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. II – Implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 45-52, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/XXQVx8YmmYvvXjQLnXCBXkz/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. *In*: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (org.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV, 2007, p. 58-117.

SILVEIRA, M. C. T. *et al.* Herbage accumulation and grazing losses on Mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 242-249, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/Mb9WtdryjvnjcTGkFgNXpCn/?lang=en>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SOARES, A. B. *et al.* Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300007>. Disponível em: <https://abre.ai/jynI>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SOUZA SOBRINHO, F. *et al.* Sensibilidade de Espécies de Brachiaria ao Glyphosate. *In*: Workshop integração lavoura-pecuária-floresta no bioma pampa, 2009, Brasília, DF. **Resumos e palestras apresentadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Ed Artmed, 2013.

TUFFI SANTOS, L. D. *et al.* Exsudação radicular de glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 369-374, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000200013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/fmrp9fKDPHz7rzcVmfCh5zx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 21 abr. 2024.

TUFFI-SANTOS, L. D. *et al.* Phenotypic plasticity of *Neonotonia wightii* and *Pueraria phaseoloides* grown under different light intensities. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, Rio de Janeiro, v. 87, n. 1, p. 519-528, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/rz3s5xFYpGbxwC86CSrNJbD/?lang=en>. Acesso em: 21 abr. 2024.

VALLE, C. B. *et al.* Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (org.). **Plantas Forrageiras**. Viçosa: Ed. UFV, 2010, p. 30-77.

VALLE, A. L. *et al.* Glyphosate detection: methods, needs and challenges. **Environ Chem Lett**, [S. l.], v. 17, p. 291-317, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0789-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-018-0789-5>. Acesso em: 21 abr. 2024.

VANZELA, J. Y. A.; SANTOS, G. B. Sistemas silvipastoris como alternativa para o aumento da produtividade da propriedade rural: revisão. In: V Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio, 1., p. 1-10, 2013, Ourinhos. **Anais [...]**. Ourinhos: V Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio, 2013.

WITTWER, R. A. *et al.* Cover crops support ecological intensification of arable cropping systems. **Sci Rep**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 1-12, 3 fev. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep41911>. Disponível em: <https://abre.ai/jyfr>. Acesso em: 21 abr. 2024.

ZOLLER, O. *et al.* Glyphosate residues in Swiss market foods: monitoring and risk evaluation. **Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance**, [S. l.], v. 11, p. 83-91, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/19393210.2017.1419509>. Disponível em: <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/52323.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2024.

ZONTA, J. H. *et al.* **Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP) para a Região Agreste do Nordeste**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2016. Disponível em: <https://abre.ai/jyeA>. Acesso em: 21 abr. 2024.

4 ARTIGOS

4.1 Artigo I – A intensidade luminosa no ambiente de cultivo e a ação do glyphosate em plantas do gênero *Urochloa*

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista *Journal of Environmental Science and Health, Part B*.

A intensidade luminosa no ambiente de cultivo e a ação do glyphosate em plantas do gênero *Urochloa*

Resumo: O glyphosate é um dos herbicidas mais utilizados no mundo. A recomendação de dose pelo fabricante desconsidera o ambiente de crescimento das plantas. Sabe-se que o sombreamento promove alterações morfofisiológicas nas plantas, aumentando sua suscetibilidade ao glyphosate. Com isso, objetivou-se avaliar a resposta de genótipos de *Urochloa* submetidos a dessecação por glyphosate, em pleno sol e em ambiente sombreado artificialmente. Foram realizados dois experimentos, um para a condição de sombreamento e outro a pleno sol, ambos em esquema fatorial 5 x 6, em blocos casualizados com 3 repetições. No primeiro fator, foram alocadas 5 forrageiras do gênero *Urochloa*, sendo três híbridos recentes (capins Cayana, Mulato II e Sabiá), e duas espécies (*U. brizantha* cv. Marandu e *U. ruziziensis*). No segundo fator, foi utilizado um gradiente decrescente de 6 doses de glyphosate, a partir daquela recomendada pelo fabricante, para a dessecação de *U. brizantha*, sendo 2160; 1622,4; 1080; 524,4; 273,6 e 0,0 g e.a. ha⁻¹. Com o aumento das doses, houve redução na eficiência quântica do fotossistema II e na taxa de transporte de elétrons nos dois ambientes, porém mais acentuada no sombreamento. Em pleno sol, o capim-Ruziziensis foi controlado com 1080 g ha⁻¹ e os demais genótipos com 2160 g ha⁻¹. A resposta dos genótipos híbridos, para os quais não existe recomendação de dose para dessecação, assemelha-se à do capim Marandu (2160 g ha⁻¹). Com 72,55% ± 1,1% de restrição luminosa, o controle dos capins Marandu, Cayana, Mulato e Ruziziensis foi obtido com 273,6 g ha⁻¹ de glyphosate e para o capim-Sabiá com 524,4 g ha⁻¹. A economia no gasto com glyphosate, para 100% de controle no sombreamento, foi de 74,7% para o capim-ruziziensis, 75,7% para o capim-sabiá e 87,3% para os capins Marandu, Mulato e Cayana, comparado ao obtido em pleno sol. Com o aumento das doses do herbicida, há queda na eficiência quântica do fotossistema II e na taxa de transporte de elétrons, com resposta mais pronunciada nas plantas sombreadas, independentemente do genótipo estudado. Em sistemas integrados de produção, deve-se levar em consideração a radiação fotossinteticamente ativa incidente (PAR). A PAR incidente exerce influência no controle, por glyphosate, de plantas do gênero *Urochloa*, sendo importante para a definição da dose empregada na dessecação.

Palavras-chave: sombreamento, dessecação por herbicida, redução de dose, fluorescência da clorofila.

**The light intensity in the cultivation environment and the action of glyphosate on plants
of the genus *Urochloa***

Abstract: Glyphosate is one of the most used herbicides in the world. The manufacturer's dose recommendation disregards the plants' growth environment. It is known that shading promotes morphophysiological changes in plants, increasing their susceptibility to glyphosate. With this, the objective was to evaluate the response of *Urochloa* genotypes subjected to desiccation by glyphosate, in full sun and in an artificially shaded environment. Two experiments were carried out, one for shading conditions and the other in full sun, both in a 5 x 6 factorial scheme, in randomized blocks with 3 replications. In the first factor, 5 forages of the genus *Urochloa* were allocated, three of which were recent hybrids (Cayana, Mulato II and Sabiá grasses), and two species (*U. brizantha* cv. Marandu and *U. ruziziensis*). In the second factor, a decreasing gradient of 6 doses of glyphosate was used, starting from that recommended by the manufacturer, for the desiccation of *U. brizantha*, being 2160; 1622.4; 1080; 524.4; 273.6 and 0.0 g a.e. ha⁻¹. With increasing doses, there was a reduction in the quantum efficiency of photosystem II and in the rate of electron transport in both environments, but more pronounced in shading. In full sun, Ruziziensis grass was controlled with 1080 g ha⁻¹ and the other genotypes with 2160 g ha⁻¹. The response of hybrid genotypes, for which there is no dose recommendation for desiccation, is similar to that of Marandu grass (2160 g ha⁻¹). With 72.55% ± 1.1% of light restriction, control of Marandu, Cayana, Mulato and Ruziziensis grasses was obtained with 273.6 g ha⁻¹ of glyphosate and for Sabiá grass with 524.4 g ha⁻¹. The savings in spending on glyphosate for 100% shading control were 74.7% for ruziziensis grass, 75.7% for sabia grass and 87.3% for Marandu, Mulato and Cayana grasses, compared to obtain in full sun. With increasing herbicide doses, there is a drop in the quantum efficiency of photosystem II and in the electron transport rate, with a more pronounced response in shaded plants, regardless of the genotype studied. In integrated production systems, incident photosynthetically active radiation (PAR) must be taken into account. The incident PAR influences the control, by glyphosate, of plants of the genus *Urochloa*, being important for defining the dose used in desiccation.

Keywords: shading, herbicide desiccation, dose reduction, chlorophyll fluorescence.

Introdução

O glyphosate é o herbicida mais utilizado no Brasil (IBAMA, 2023) e no mundo (Novotny, 2022) para o controle de plantas daninhas em áreas agrícolas. O produto também é empregado no controle de plantas daninhas em outros ambientes não urbanos, como aceiros em estradas de rodagem, margens de ferrovias, manejo de plantas daninhas em áreas de preservação, áreas industriais (IBAMA, 2023) e ambientes aquáticos (Silva *et al.*, 2007). A recomendação de dose, pelo fabricante do produto, leva em consideração somente a espécie infestante e a sua fase fenológica, desconsiderando o ambiente em que a planta está inserida (AGROFIT, 2024).

Os sistemas integrados de produção agropecuária são caracterizados pelo cultivo simultâneo de árvores e culturas agrícolas no mesmo espaço (Balbino; Barcellos; Stone, 2011). Uma característica comum desses sistemas é o sombreamento, ocasionado pelas árvores, que interceptam a luz, reduzindo a luminosidade incidente no sub-bosque. Culturas agrícolas e plantas daninhas que crescem nos sub-bosque desses sistemas estão sujeitas ao sombreamento.

Sabe-se que plantas crescidas em ambientes sombreados podem sofrer alterações tanto fisiológicas quanto estruturais (Costa *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2022a), o que pode aumentar a suscetibilidade ao glyphosate. Algumas espécies, quando crescidas sob sombreamento, são mais suscetíveis ao glyphosate, como *Cyperus rotundus* e *Commelina benghalensis* (Santos *et al.*, 2015), *Macropodium atropurpureum* (Costa *et al.*, 2020), *Merremia cissoides* (Ferreira *et al.*, 2022a), *Euphorbia heterophylla* (Ferreira *et al.*, 2022b) e *Digitaria insularis* (Ferreira *et al.*, 2024).

Plantas do gênero *Urochloa*, como *U. brizantha*, *U. decumbens* e *U. ruziziensis*, estão entre as mais utilizadas no Brasil (Kist *et al.*, 2019), sendo comumente empregadas em sistemas integrados de produção agropecuária (Carvalho *et al.*, 2022); entretanto, há escassez de informações sobre a resposta dessas plantas ao glyphosate, quando crescidas sob sombreamento. No caso de híbridos do gênero *Urochloa*, recém-lançados no mercado, e da *U. ruziziensis*, principal espécie usada nos consórcios com culturas agrícolas, não há nenhuma informação sobre a resposta dessas plantas ao glyphosate, muito menos em ambientes com restrição luminosa. Isso pode levar a erros de recomendação, aumentando o impacto ambiental e financeiro da atividade agrícola.

Dessa forma, o objetivo com o trabalho foi avaliar a resposta de genótipos de *Urochloa* submetidos à aplicação de diferentes doses de glyphosate, em pleno sol e em ambiente sombreado artificialmente.

Materiais e métodos

O experimento foi realizado em área de pesquisa do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizado no município de Montes Claros, nas coordenadas 16°40'58.3", de latitude Sul, 43°50'19.1", de longitude Oeste, a 598 metros de altitude. O clima do local é do tipo Aw (tropical de savana), caracterizado por temperaturas anuais elevadas e regime de chuvas marcado por verão chuvoso e inverno seco (CLIMATE DATA, 2023).

O estudo foi realizado em dois experimentos: um para a condição de sombreamento artificial e outro a pleno sol; ambos com o mesmo delineamento experimental, condução e avaliações. Os experimentos foram implantados em esquema fatorial 5 x 6, no delineamento em blocos casualizados com 3 repetições. No primeiro fator, foram utilizadas 5 forrageiras do gênero *Urochloa*, sendo três híbridos e duas espécies (Tabela 1). O segundo fator corresponde a um gradiente decrescente de 6 doses de herbicida glyphosate, a partir daquela recomendada pelo fabricante, para a dessecação de *Urochloa brizantha*, sendo 2160; 1622,4; 1080; 524,4; 273,6 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate e 0,0 (testemunha sem herbicida). A formulação comercial usada foi Roundup Original® DI (370 g e.a. L⁻¹ de glyphosate).

Nos dois experimentos, foram usados vasos de 8 dcm³, contendo solo, com as seguintes características físicas e químicas: pH em água – 6,1; areia – 63,2 dag kg⁻¹; silte – 12,8 dag kg⁻¹; argila - 24 dag kg⁻¹; teor de matéria orgânica – 3,26 dag kg⁻¹; P Mehlich - 8,1 mg dm⁻³; P remanescente -21,6 mg L⁻¹; K – 214,5 mg dm⁻³; Ca – 10,45 cmolc dm⁻³; Mg – 0,87 cmolc dm⁻³; Al – 0,0 cmolc dm⁻³; H + Al -1,27 cmolc dm⁻³; SB – 11,87 cmolc dm⁻³; t – 11,87 cmolc dm⁻³; m – 0,0 %; T – 13,14 cmolc dm⁻³; V – 90,31 % e Carbono Org. - 1,89 dag kg⁻¹. Foram semeadas 5 sementes por vaso. Após a emergência, a plântula mais vigorosa foi selecionada, e as demais, desbastadas. Os vasos contendo as plantas foram mantidos no ambiente sombreado (experimento 1) e a pleno sol (experimento 2) desde a semeadura da forrageira.

Tabela 1 – Informações sobre os genótipos de *Urochloa* utilizados no estudo

Forrageira	Genótipo
Capim-Cayana	<i>U. brizantha</i> x <i>U. ruziziensis</i>
Capim-Mulato II	<i>U. brizantha</i> x <i>U. decumbens</i> x <i>U. ruziziensis</i>
Capim-Sabiá	<i>U. brizantha</i> x <i>U. ruziziensis</i>
Capim-Ruziziensis	<i>U. ruziziensis</i>
Capim-Marandu	<i>U. brizantha</i>

Fonte: autoria própria, 2024.

No experimento com restrição luminosa, a área sombreada foi estabelecida com auxílio de tela de propileno de cor preta, que cobriu uma estrutura quadrangular, feita com postes de eucalipto e arame. Dessa forma, a tela sombrite cobriu toda a estrutura (teto e paredes laterais), sombreando por completo o seu interior.

A caracterização dos ambientes quanto à incidência de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi feita com auxílio de ceptômetro portátil (modelo AccuPAR, LP-80, Decagon Devices, Pullman, EUA). As medições foram feitas de hora em hora, das 8h às 16h, por 10 dias, ao longo do experimento. A área sombreada apresentava 72,55% de sombreamento em relação ao pleno sol (Figura 1).

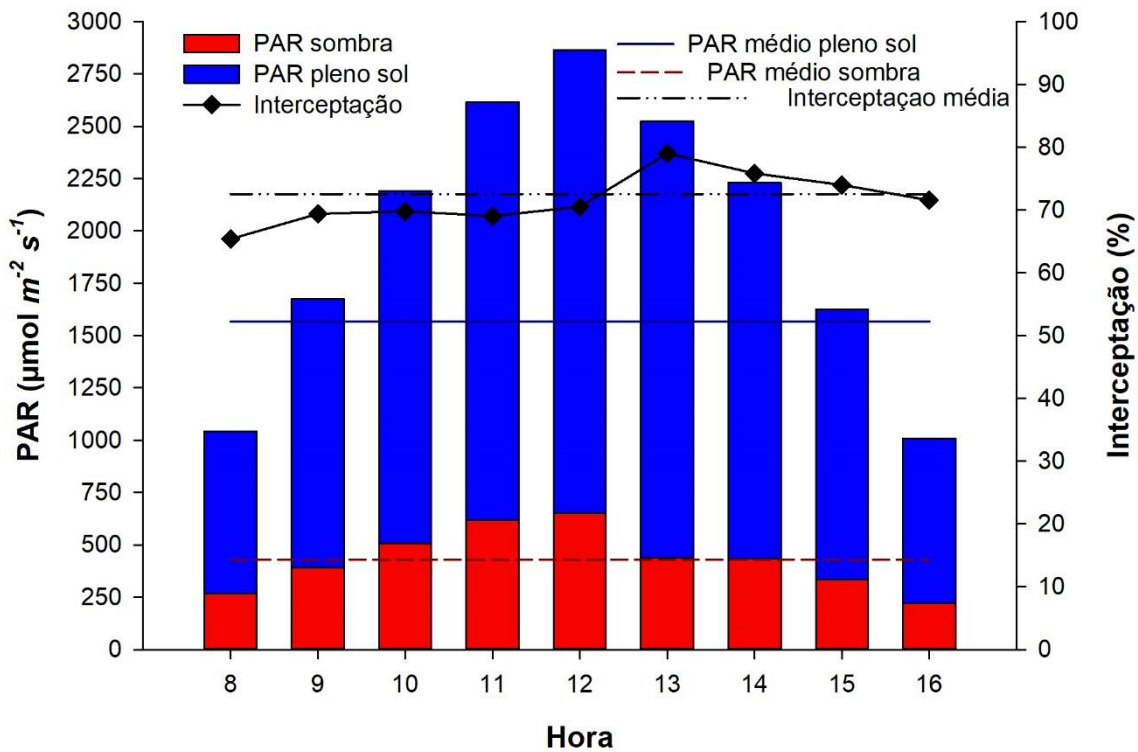


Figura 1 – Disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) nos dois ambientes e interceptação de luz promovida pela tela sombrite entre 8h e 16h durante o período experimental (autoria própria, 2024).

Foram realizadas duas adubações ao longo do experimento: a primeira, com o equivalente a 80 kg ha^{-1} de fósforo, no momento do plantio; e a segunda, com o equivalente a 50 kg ha^{-1} de nitrogênio (Cantarutti *et al.*, 1999), 30 dias após o estabelecimento das plantas, com os adubos superfosfato simples contendo 18% de P_2O_5 , e a ureia contendo 45% de N, respectivamente. Imediatamente, antes da adubação nitrogenada foi realizada uma roçada da parte aérea, a 15 cm de altura, para estimular o perfilhamento das plantas. As doses de glyphosate foram aplicadas 30 dias após essa roçada quando as plantas apresentavam altura de 30 cm, no pleno sol, e 45 cm na sombra.

Na aplicação do herbicida, foi utilizado pulverizador costal equipado com ponta de pulverização com indução de ar (modelo TTI110.02, Jacto, Pompéia, Brasil) e válvula reguladora de pressão (modelo U7466.00, Guarany, Itu, Brasil), constante a 300 KPA, regulado para aplicação de 87 L ha^{-1} de calda. No momento da aplicação, o local apresentava temperatura média de 22°C , umidade relativa do ar de 68% e velocidade média do vento de $2,52 \text{ Km h}^{-1}$.

No 4.º dia após a aplicação (DAA) foram realizadas avaliações dos índices de clorofila A e clorofila B, obtidos com o auxílio de medidor digital de clorofila (modelo CFL1030, FALKER, Porto Alegre, Brasil). No 5.º DAA, realizou-se análise da eficiência fotoquímica do fotossistema II e da taxa de transporte de elétrons (ETR) das plantas com o auxílio de fluorômetro modular portátil (modelo OS5p, OPTI- Sciences, Hudson, EUA). Para a padronização da região a ser realizada a medição em cada planta, a pinça do aparelho foi posicionada no terço médio da terceira folha, completamente expandida em perfilhos de porte semelhante à altura média das plantas.

No 7.º e 45.º DAA, três avaliadores determinaram a porcentagem de controle das plantas pelo glyphosate, por meio de uma escala de notas que variou entre 0 a 100 pontos, em que 0 representava a ausência de sintomas, e a nota 100 correspondia à morte total das plantas, conforme a metodologia proposta por ALAM (1974). Com as três notas de controle, uma de cada avaliador, foi obtido o valor médio por parcela, com a média aritmética simples entre os avaliadores, para cada período.

Ainda no 45.º DAA, foi feita uma avaliação da biomassa viva e morta das plantas, sendo a parte aérea cortada rente ao solo e separada em material verde (vivo) e material morto (seco). Após a separação, as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada (modelo SSDc, Solidsteel, Piracicaba, Brasil), a 65°C, até o peso constante, para a determinação da massa seca.

Os dados de controle pelo glyphosate e de massa seca remanescente dos genótipos, após a dessecação, foram analisados descritivamente. Os demais dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de significância. Na comparação entre as forrageiras do gênero *Urochloa*, adotou-se o teste de médias Tukey a 5% de significância. Para efeito das doses, os dados foram submetidos à análise de regressão linear e não linear. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o pacote ExpDes.pt (Ferreira *et al.*, 2014) e o programa estatístico R Studio versão 4.2.3 (R CORE TEAM, 2023).

Resultados

No 7.º DAA, os genótipos de *Urochloa* mantidos em pleno sol apresentaram controle inferior a 40% para todas as doses aplicadas, com exceção de *Urochloa ruziziensis*, que apresentou controle superior a 20% para a menor dose (273,6 g e.a. ha⁻¹) e próximo de 80% para a maior dose (2160 g e.a. ha⁻¹) do herbicida, indicando maior sensibilidade da espécie à ação do glyphosate, em relação aos demais genótipos. Na mesma avaliação, observou-se que o sombreamento influenciou o controle dos genótipos mantidos em restrição luminosa, pois a menor dose (273,6 g e.a. ha⁻¹) controlou cerca de 80% dos capins Ruziziensis, Marandu e Mulato II; cerca de 60%, o capim Cayana; e próximo de 20%, o capim Sabiá (Figura 2).

No 45.º DAA, apenas a maior dose provocou a morte total das plantas mantidas em pleno sol, com exceção da *Urochloa ruziziensis*, que havia apresentado essa condição quando foi submetida à dose de 1080 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. Já em sombreamento, todas as doses de glyphosate aplicadas causaram a morte total das plantas, com exceção do capim Sabiá, que apenas quando foi submetido a menor dose (273,6 g e.a. ha⁻¹), apresentou controle próximo de 40% (Figura 2).

Genótipos de *Urochloa* crescidos ao pleno sol apresentaram biomassa remanescente viva da parte aérea das plantas no 45.º DAA, mesmo na aplicação das maiores doses 1622,4 e 2160 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate, indicando possível recuperação das plantas. Em pleno sol, a aplicação de doses superiores a 1080 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate levaram à redução superior a 50% da biomassa total (material morto + material vivo) remanescente nas parcelas (Figura 3). No ambiente com restrição luminosa, os genótipos de *Urochloa* apresentaram 100% de material morto em todas as doses de herbicidas aplicadas, com exceção do capim Sabiá, que apresentou material verde apenas quando foi submetido a menor dose (273,6 g e.a. ha⁻¹), evidenciando a maior sensibilidade das plantas ao glyphosate nessa condição de cultivo (Figura 3).

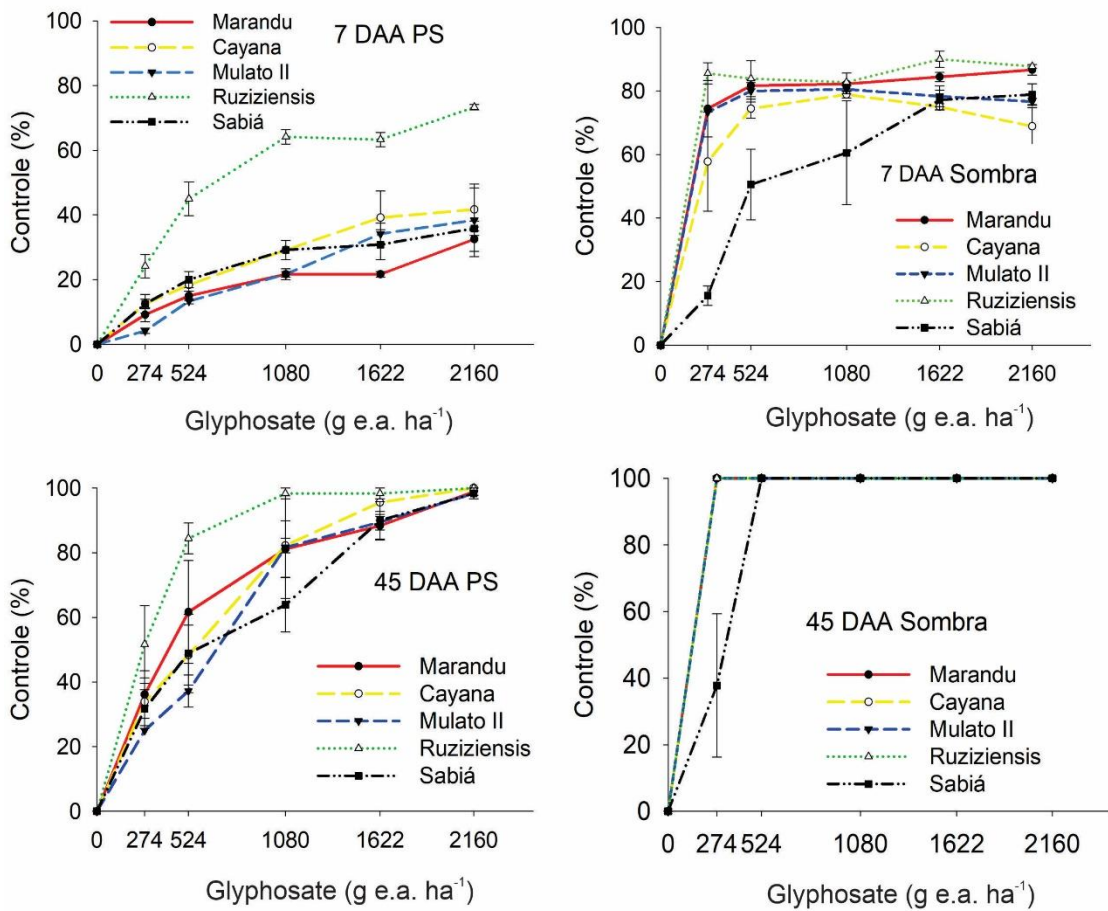


Figura 2 – Controle (%) de genótipos do gênero *Urochloa* cultivados em pleno sol (PS) e sob sombreamento no 7.º e 45.º dia após a aplicação (DAA) de doses de glyphosate. Barras verticais: erro padrão da média (autoria própria, 2024).

Em pleno sol, os valores médios da massa seca da parte aérea das plantas que não receberam aplicação do herbicida, representaram mais que o dobro do observado no ambiente sombreado, com exceção do capim-mulato, que apresentou valores mais próximos (Figura 3).

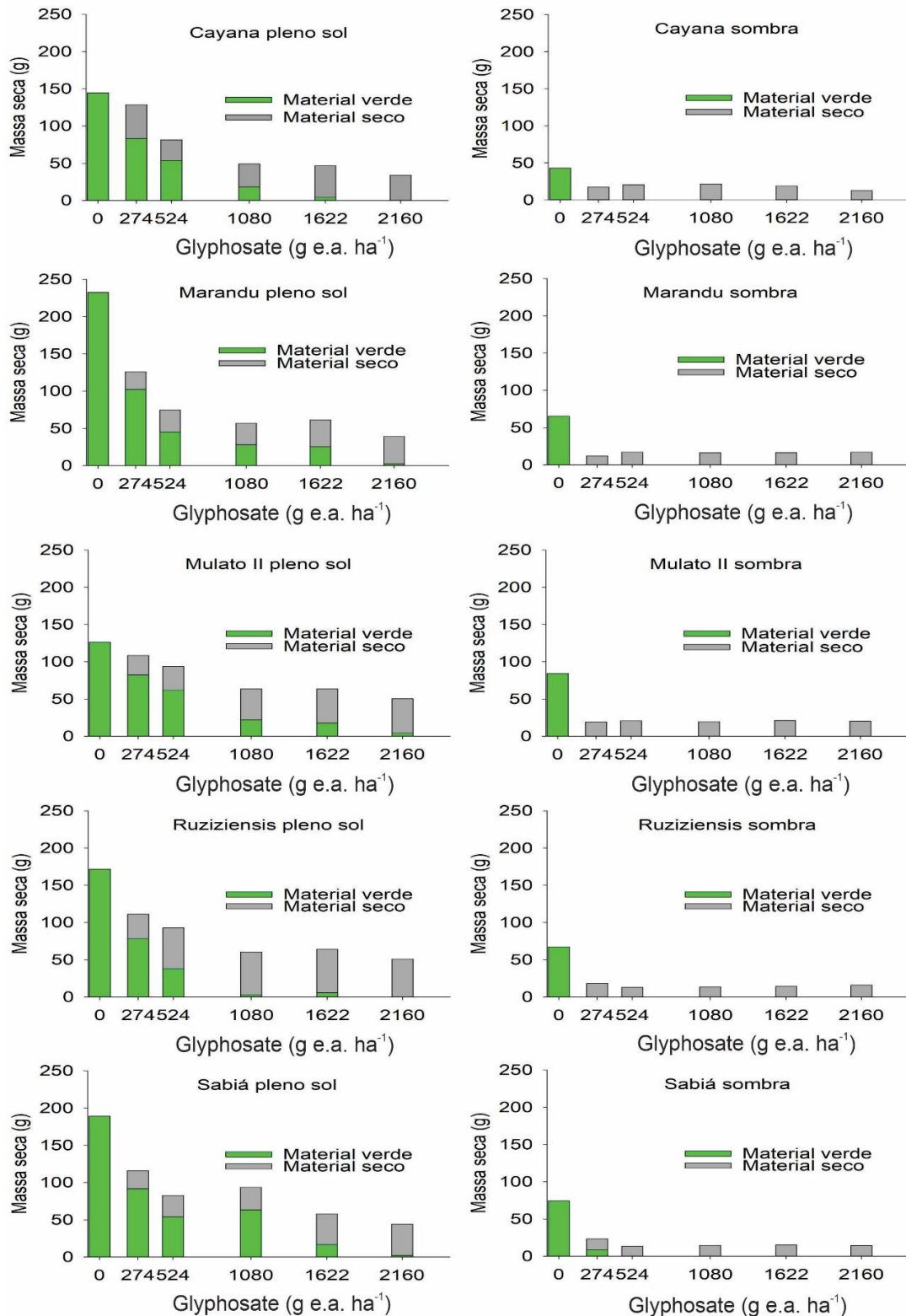


Figura 3 – Massa seca de material morto (dessecado) e vivo de plantas do gênero *Urochloa*, cultivadas em pleno sol e sob sombreamento, no 45.º dia após a aplicação de doses de glyphosate (autoria própria, 2024).

Os dois ambientes de estudo influenciaram no efeito das doses de glyphosate aplicadas, promovendo diferentes respostas para a eficiência quântica do fotossistema II (Y) e a taxa de transporte de elétrons (ETR) (Figura 4). No ambiente sombreado, houve interação entre as doses de herbicida e os genótipos de *Urochloa*, com respostas distintas no Y para o intervalo de doses estudado. Nessa condição de cultivo, todos os genótipos apresentaram queda acentuada na Y e na ETR das plantas, com a aplicação das duas menores doses. Nas plantas mantidas em pleno sol, a Y e a ETR decresceram linearmente à medida que se aumentou a dose de glyphosate, independente do genótipo de *Urochloa* (Figura 4).

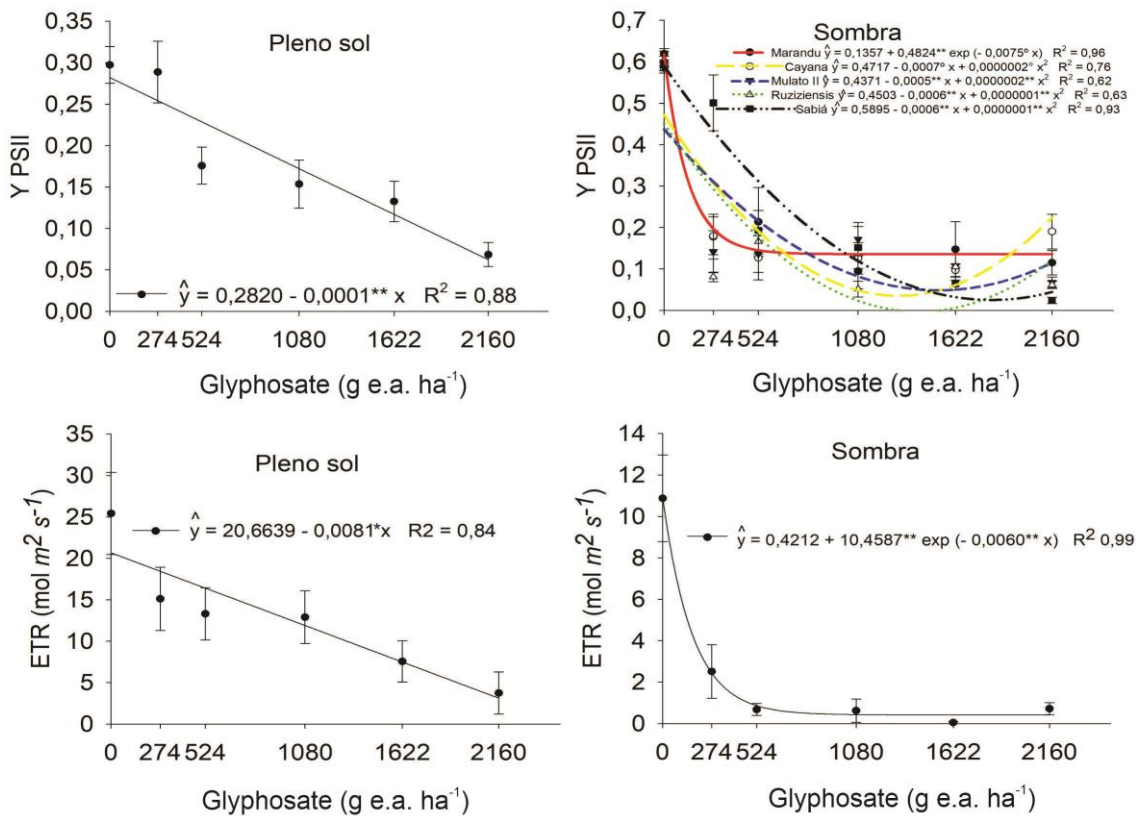


Figura 4 – Produtividade quântica do fotossistema II (Y) e da taxa de transporte de elétrons (ETR) de genótipos de *Urochloa*, cultivados em pleno sol e sob sombreamento, no 5.º dia após a aplicação de doses de glyphosate. **, *, °, significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. Barras verticais: erro padrão da média (autoria própria, 2024).

O índice de clorofila A em *U. ruziziensis* apresentou queda linear em resposta ao aumento das doses de glyphosate aplicadas. Os demais genótipos mantidos em pleno sol, não apresentaram variação no índice de clorofila A em relação às doses de glyphosate. No

ambiente sombreado, houve decréscimo no índice de clorofila A com o aumento das doses aplicadas (Figura 5). Já o índice de clorofila B decresceu linearmente com o aumento das doses de glyphosate aplicadas nos dois ambientes estudados (Figura 5).

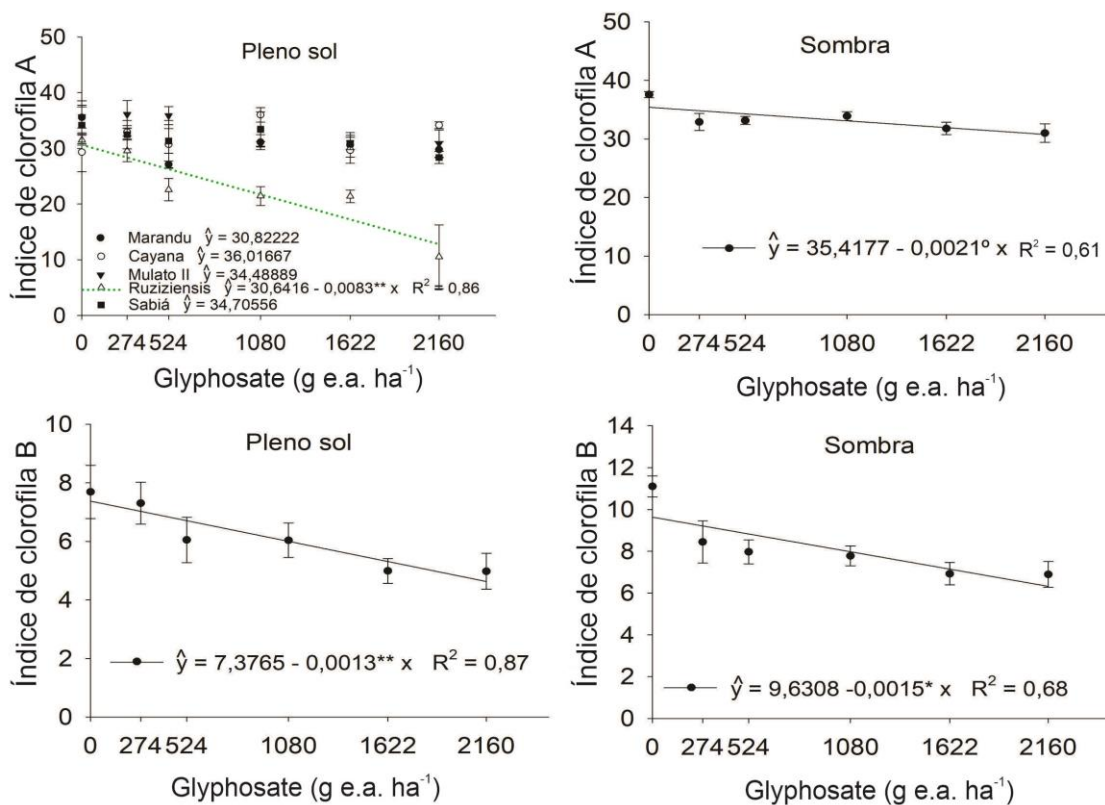


Figura 5 – Índice de clorofila A e B de genótipos de *Urochloa*, cultivados em pleno sol e sob sombreamento, no 4.º dia após a aplicação de doses de glyphosate. **, *, °, significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. Barras verticais: erro padrão da média (autoria própria, 2024).

No ambiente a pleno sol, o capim-Ruziziensis e o capim-Sabiá apresentaram, respectivamente, o menor e o maior valor para a eficiência quântica do fotossistema II (Figura 4). O capim-Ruziziensis também apresentou menor índice de clorofila B nas folhas em relação aos demais genótipos de *Urochloa*, que não apresentaram diferença entre si (Tabela 2).

No ambiente sombreado, os índices de clorofila A nas folhas das cultivares Cayana, Mulato II e Sabiá não diferiram entre si e foram superiores àqueles encontrados nos capins Marandu e Ruziziensis. Os índices de clorofila B das cultivares Cayana e Sabiá não se

diferenciaram estatisticamente e foram superiores aos dos demais genótipos; estes, por sua vez, também não apresentaram diferença entre si (Tabela 2). A ETR não apresentou variação entre os genótipos de *Urochloa* nas duas condições de cultivo (Tabela 2).

Tabela 2 – Produtividade quântica do fotossistema II (Y), taxa de transporte de elétrons (ETR) e índice foliar de clorofila a (CLa) e clorofila b (CLb) de genótipos de *Urochloa* cultivados em pleno sol e sob sombreamento, no 4.º dia após a aplicação de doses de glyphosate

Genótipo	Pleno Sol			Sombreamento		
	Y*	ETR ^{ns}	CLb*	ETR ^{ns}	CLa*	CLb*
Cayana	0,19 ab	9,22	06,94 a	1,91	36,02 a	10,07 a
Marandu	0,22 ab	9,91	05,99 a	1,65	30,82 b	06,73 b
Mulato II	0,15 ab	17,47	07,62 a	1,77	34,49 a	08,15 ab
Ruziziensis	0,14 b	17,25	03,63 b	3,22	30,95 b	06,85 b
Sabiá	0,23 a	11,17	06,71 a	4,33	34,71 a	09,14 a
cv (%)	47,45	98,77	38,62	159,9	11,2	26,87

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. * significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade (autoria própria, 2024).

Discussão

Os genótipos de *Urochloa* mantidos em ambiente sombreado apresentam maior controle pelo glyphosate e menor biomassa viva remanescente quando comparados com genótipos que cresceram sem restrição luminosa (Figura 2 e 3), evidenciando maior sensibilidade ao herbicida dessas plantas quando crescidas à sombra. Em pleno sol, houve maior interação entre as doses de glyphosate e os diferentes genótipos, sendo que valores acima de 91% de controle, considerado excelente pela escala da ALAM (1974), só foram atingidos nas plantas tratadas com 1622 e 2160 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate (Figura 2). Em contrapartida, no ambiente sombreado, o controle atingiu 100% em quatro dos cinco

genótipos estudados, a partir da menor dose aplicada, e em todas as plantas, a partir da dose de 524,4 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate (Figura 2).

Os genótipos de *Urochloa* são usados nos sistemas integrados de produção agrícola no Brasil e no mundo (Lemaire *et al.*, 2014), em consórcio com espécies arbóreas (Oliveira *et al.*, 2022), café (Guimarães *et al.*, 2017), fruteiras (Azevedo *et al.*, 2020) ou mesmo com culturas anuais como o milho (Gilli *et al.*, 2023) e o sorgo (Soares *et al.*, 2023). Além do cultivo dos genótipos de *Urochloa*, as plantas desse gênero são frequentemente encontradas como plantas daninhas de cultivos anuais e perenes, como milho (Oliveira *et al.*, 2020), soja (Santos *et al.*, 2020; Melo; Ceccon, 2022), eucalipto (Zoz *et al.*, 2019), café (Fialho *et al.*, 2012; Matos *et al.*, 2013), citrus (Martinelli *et al.*, 2017) e algodão (Castro *et al.*, 2021). A possibilidade de ocorrência de restrição luminosa para o crescimento de *Urochloa*, seja em sistemas integrados de cultivo, seja quando os genótipos são infestantes, e sendo o glyphosate um dos principais herbicidas para essas culturas (AGROFIT, 2024), reforça a importância dos resultados quanto à economia de produto aplicado em ambientes sombreados. Além das questões econômicas, a redução da dose traz mais segurança ao uso do glyphosate, já que seus riscos estão associados, mesmo que em parte, às doses elevadas aplicadas (Van Bruggen *et al.*, 2018).

A maior eficácia de controle observada em sombreamento pode estar relacionada ao fato de que a restrição luminosa causa alterações fisiológicas nas plantas, promovendo maior estresse (Quoos *et al.*, 2021). No presente estudo, as plantas crescidas em ambiente com menor intensidade luminosa apresentaram taxa de transporte de elétrons (ETR) cerca de 50% menor do que observado nas plantas dos genótipos cultivados no pleno sol (Figura 4). A ETR está ligada com a produção de energia pelas plantas e por determinar a taxa de transporte de elétrons fotossintéticos no fotossistema II (Ferreira *et al.*, 2015). Com níveis de energia e de reserva reduzidos, as plantas ficam mais susceptíveis à ação de herbicidas (Tuffi Santos *et al.*, 2004; Donato *et al.*, 2021), como evidenciado pelo controle excelente nas menores doses.

Os genótipos de *Urochloa* apresentam metabolismo C4 e têm alto ponto de saturação por temperatura e luz (Black, 1971). O cultivo em restrição luminosa pode ter prejudicado, de modo geral, o aparato fotossintético das plantas, aumentando a susceptibilidade ao herbicida; fator este também evidenciado pela queda abrupta na taxa de transporte de elétrons (ETR), nesse ambiente, quando da aplicação do glyphosate.

A eficiência quântica do fotossistema II (Y) aumentou cerca de 50% nas testemunhas crescidas em sombreamento, em comparação com as testemunhas mantidas em pleno sol

(Figura 4). Em plantas sem estresse, os valores de eficiência quântica do fotossistema II variam entre 0,75 e 0,85 (Bolhàr-Nordenkampf *et al.*, 1989), valor próximo ao observado para os genótipos de *Urochloa* que não receberam aplicação de glyphosate, no ambiente sombreado. A alta radiação fotossinteticamente ativa observada no ambiente a pleno sol, que variou de 1000 a 2875 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 1), pode ter promovido quantidade de energia além do necessário para a fotossíntese, gerando estresse. Ao ser submetida a essa condição, pode ocorrer o fenômeno chamado de *Nonphotochemical quenching* (NPQ), que é um processo pelo qual a energia luminosa absorvida é dissipada em forma de calor, protegendo a planta de danos ao aparato fotossintético pelo excesso de energia (Ruban, 2016). A alta intensidade de luz provoca aumento na NPQ e redução na produtividade quântica do fotossistema II (Donato *et al.*, 2021; Zha *et al.*, 2017), estando de acordo com os resultados encontrados para essa variável no presente estudo. Porém, houve queda mais acentuada dessa variável nas plantas mantidas em sombreamento, com o aumento das doses de herbicida. O estresse químico pela ação do herbicida, aliado a uma menor taxa de transporte de elétrons, pode ter causado redução da eficiência máxima do fotossistema II, com reflexos negativos para o potencial fotossintético da planta (Ferreira *et al.*, 2015).

Plantas crescidas em sombreamento podem apresentar alterações nas folhas, como menor deposição de ceras epicuticulares, estreitamento da epiderme e aumento da lâmina foliar (Costa *et al.*, 2020), além de alterações nos teores de pigmentos fotossintéticos foliares (Taiz & Zaiger, 2013) e menor acúmulo de energia em órgãos de reserva (Donato *et al.*, 2021), como resposta a menor incidência de radiação fotossinteticamente ativa. Isso pode favorecer a penetração do herbicida nas plantas e dificultar o metabolismo do herbicida, corroborando com o resultado encontrado no presente estudo, com controle total dos genótipos de *Urochloa* no ambiente sombreado, mesmo com doses baixas do glyphosate.

A concentração de clorofila e carotenóides pode ser alterada pelas plantas quando em condições de sombreamento, como indicador da susceptibilidade da planta sombreada à luz (Taiz & Zaiger, 2013). No presente estudo, os índices de clorofila A das plantas sombreadas foram semelhantes aos das plantas mantidas em pleno sol, para todas as doses de glyphosate aplicadas, exceto pela *U. ruziziensis*, que apresentou médias menores que as demais plantas à medida que as doses de herbicida foram aumentadas. Esse resultado pode ser relacionado à tentativa de compensação das plantas sombreadas à falta de luminosidade, uma vez que a

clorofila A é o pigmento utilizado para realizar a etapa fotoquímica da fotossíntese (Taiz & Zaiger, 2013).

O sombreamento provocou reduções na biomassa remanescente dos genótipos de *Urochloa* e nas plantas tratadas ou não com glyphosate. A restrição luminosa promove alterações estruturais nas plantas, que tendem a alongar suas estruturas (Paciullo *et al.*, 2016; Lopes *et al.*, 2017), além de reduzir o acúmulo de forragem (Oliveira *et al.*, 2021), o que pode explicar a redução da quantidade de biomassa produzida em sombreamento, quando comparada com a quantidade produzida em pleno sol, para todas as doses aplicadas; mas não se observou, entre as plantas sombreadas, variação considerável de biomassa viva remanescente, nem de biomassa da parte aérea das plantas.

A dose de 2160 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate é recomendada pelo fabricante para o controle de *U. brizantha*, enquanto uma faixa entre 1440 e 2160 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate é indicada para *U. decumbens* (AGROFIT, 2024). Os resultados do presente estudo evidenciam que em ambientes com restrição luminosa é possível utilizar doses menores de glyphosate (273,6 a 524,4 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate) para o controle de genótipos do gênero *Urochloa*, com resultado excelente (Figura 2).

Apesar de não haver recomendação da utilização de glyphosate para os genótipos híbridos utilizados no estudo, por serem muito recentes no mercado, seu comportamento frente à ação do glyphosate se aproxima do observado para *U. brizantha* em condições de pleno sol, com seu controle efetivo sendo atingido apenas com aplicação de 2160 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate. Enquanto *U. ruziziensis* apresenta maior sensibilidade ao herbicida em condições de pleno sol, sendo controlada, efetivamente, com 50% da dose necessária para controle dos demais genótipos.

Os resultados deste estudo evidenciam a possibilidade de haver redução das doses do herbicida glyphosate em recomendações de controle de plantas do gênero *Urochloa* em áreas sombreadas. Além disso, é possível determinar uma recomendação de dose do herbicida glyphosate para controle de *U. ruziziensis* em pleno sol, uma vez que não existe recomendação de dose, para controle dessa espécie, pelo fabricante.

Conclusão

Em pleno sol, o capim-Ruziziensis é efetivamente controlado com 1080 g e.a. ha⁻¹, e os demais genótipos, com 2160 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. No ambiente sombreado, com 72,55% de restrição luminosa, o controle total do capim-Marandu, capim-Cayana, capim-Mulato e capim-Ruziziensis é obtido com a aplicação de 273,6 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate, e para o capim-Sabiá, com 524,4 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. A economia no gasto com glyphosate, para 100% de controle no sombreamento, é de 74,7% para o capim-ruziziensis, 75,7% para o capim-sabiá e 87,3% para o capim-Marandu, capim Mulato e capim-Cayana, em comparação ao obtido em pleno sol.

Com a aplicação de glyphosate, há uma queda na eficiência quântica do fotossistema II e na taxa de transporte de elétrons, em relação ao aumento das doses do herbicida, e com resposta negativa mais pronunciada nas plantas mantidas em restrição luminosa, independente do genótipo de *Urochloa* estudado.

Referências

- AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA)**. Brasília, DF: AGROFIT, c2003. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 25 jan. 2024.
- ALAM - Asociación Latinoamericana de Malezas. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, Bogotá, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.
- AZEVEDO, F. A. *et al.* No-tillage and high-density planting for Tahiti acid lime grafted onto Flying Dragon trifoliolate orange. **Front. Sustain. Food Syst.**, [S. l], v. 4, p. 108, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00108>. Disponível em: <https://abre.ai/jyoT>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/923530/1/balbino01.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- BOLHÀR-NORDENKAMPH, H. R. *et al.* Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation.

Functional Ecology, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 497-514, 1989. DOI: <https://doi.org/10.2307/2389624>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2389624>. Acesso em: 21 abr. 2024.

BLACK, C. C. Ecological Implications of dividing Plants into Groups with Distinct Photosynthetic Production Capacities. **Advances in Ecological Research**, [S. l.], v. 7, p. 87-114, 1971. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60203-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60203-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065250408602032>. Acesso em: 21 abr. 2024.

CANTARUTTI, R. B. *et al.* Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; V. ALVAREZ, V. H. (org.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, p. 332-341.

CARVALHO, M. L. *et al.* **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2022. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Livro_Plantas_de_Cobertura_completo.pdf. Acesso em: 20 abr. 2024.

CASTRO, M. A. *et al.* Manejo da cultura e seus efeitos na ocorrência de plantas daninhas. **Revista de Biociências**, Uberlândia, v. 37, p. e37012, 2021. DOI: 10.14393/BJ-v37n0a2021-48271. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/48271>. Acesso em: 21 abr. 2024.

CLIMATE DATA. **Dados climáticos para cidades mundiais**. [S. l.]: CLIMATE DATA, c2023. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 15 fev. 2023.

COSTA, G. A. *et al.* Efficiency of glyphosate and carfentrazone-ethyl in the control of *Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb. under different light intensities. **South African Journal of Botany**, [S. l.], v. 131, p. 302-309, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629919302650>. Acesso em: 20 abr. 2024.

DONATO, L. M. S. *et al.* Light restriction associated with halosulfuron methyl application efficiently reduces the number and mass of tubers of *Cyperus rotundus* L. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, [S. l.], v. 57, p. 39-46, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2021.2020531>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03601234.2021.2020531>. Acesso em: 21 abr. 2024.

FERREIRA, E. A. *et al.* Respostas fisiológicas da mandioca à aplicação de herbicidas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 645-656, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p645>. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/15956>. Acesso em: 21 abr. 2024.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R package for ANOVA and experimental designs. **Applied Mathematics**, [S. l.], v. 5, n. 19, p. 2952-2958, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4236/am.2014.519280>. Disponível em: <https://abre.ai/jyo1>. Acesso em: 21 abr. 2024.

FERREIRA, G. A. P. *et al.* Adequacy of glyphosate doses in the *Merremia cissoides* (Lam.) Hallier f. controlas a function of light intensity in the growth environments. **J Environ Sci Health Part B**, [S. l.], v. 57, n. 12, p. 960–969, 2022a. DOI: 10.1080/03601234.2022.2151790. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36482764/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FERREIRA, G. A. P. *et al.* Control of *Digitaria insularis* (L.) Fedde in eucalyptus forests: shading increases sensitivity to glyphosate applied alone and in a mixture with carfentrazone-ethyl. **Discov Agric**, [S. l.], v. 2, p. 3, 2024. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00014-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44279-024-00014-5>. Acesso em: 21 abr. 2024.

FERREIRA, G. A. P. *et al.* Glyphosate doses should be lower for shaded environments: light and the sensitivity of *Euphorbia heterophylla*. **International Journal of Pest Management**, [S. l.], v. 68, p. 1, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2056254>. Disponível em: <https://abre.ai/jycX> . Acesso em: 20 abr. 2024.

FIALHO, C. M. T. *et al.* Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/4KcRPsMPZr8XsyrBG57qpwg/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

FREITAS-SILVA, L. *et al.* Evaluation of morphological and metabolic responses to glyphosate exposure in two neotropical plant species. **Ecological Indications**, [S. l.], v. 113, p. 106246, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106246>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X20301837>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GILLI, B. R. *et al.* Nitrogen Fertilization Boosts Maize Grain Yield, Forage Quality, and Estimated Meat Production in Maize–Forage Intercropping. **Agriculture**, [S. l.], v. 13, p. 2200, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13122200>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/12/2200>. Acesso em: 20 abr. 2024.

GUIMARÃES, N. F. *et al.* Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 34-44, 2017. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16425>. Acesso em: 20 abr. 2024.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Brasília: IBAMA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 20 abr. 2024.

KIST, B. B. *et al.* **Anuário brasileiro de sementes 2019**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-sementes-2019/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

LEMAIRE, G. *et al.* Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 190, p. 4-8, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880913002697>. Acesso em: 21 abr. 2024.

LOPES, C. M. *et al.* Plant morphology and herbage accumulation of signal grass with or without fertilization, under different light regimes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 2, p. 20160472, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160472>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/YMz3d8CL6KMGXmbPYKQSNKm/?lang=en>. Acesso em: 21 abr. 2024.

MARTINELLI, R. *et al.* Ecological Mowing: An Option for Sustainable Weed Management in Young Citrus Orchards. **Weed Technology**, [S. l.], v. 31, n. 2, p. 260-268, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2017.3>. Disponível em: <https://abre.ai/jyo8>. Acesso em: 21 abr. 2024.

MATOS, C. C. *et al.* Características fisiológicas do cafeeiro em competição com plantas daninhas. **Revista de Biociências**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1111-1119, 2013. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/21868>. Acesso em: 21 abr. 2024.

MELO, T. S.; CECCON, G. Weed composition in autumn-winter crops and soybean in succession. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 9, n. 2, p. e6502, 2022. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v9i2.6502>. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/6502>. Acesso em: 21 abr. 2024.

NOVOTNY E. Glyphosate, Roundup and the Failures of Regulatory Assessment. **Toxics**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. 321, 2022. DOI: 10.3390/toxics10060321. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9229215/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

OLIVEIRA, A. F. *et al.* Pasture traits and cattle performance in silvopastoral systems with *Eucalyptus* and *Urochloa*: Systematic review and meta-analysis. **Livestock Science**, [S. l.], v. 262, p. 104973, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104973>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141322001524>. Acesso em: 21 abr. 2024.

OLIVEIRA, G. C. *et al.* Períodos de controle de plantas daninhas no desenvolvimento do milho verde. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Betim, v. 16, n. 1, p. 404-414, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v18i1.5686.g10952014>. Disponível em: http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/5686/pdf_1008. Acesso em: 21 abr. 2024.

OLIVEIRA JR, R. S; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 1 ed. Curitiba: Omnipax, 2011.

OLIVEIRA, V. A. V. *et al.* Defoliation heights for palisade grass cv. Marandu in silvopastoral system. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 73, n. 03, p. 665-674, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12253>. Disponível em: <https://abre.ai/jypc>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Morphogenesis, biomass and nutritive value of Panicum maximum under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, [S. l.], v. 72, n. 3, p. 590-600, 2016. DOI: <http://doi.wiley.com/10.1111/gfs.12264>. Disponível em: <https://abre.ai/jypg> . Acesso em: 21 abr. 2024.

QUOOS, R. D. *et al.* O efeito do sombreamento sobre características fisiológicas do capim-Marandú adubado ou não com nitrogênio. **Revista Velho Chico**, Bom Jesus da Lapa, v. 01, n. 02, p. 162-177, 2021. Disponível em: <https://abre.ai/jypi>. Acesso em: 21 abr. 2024.

R CORE TEAM, 2023. A language and Environment for Statistical Computing. Viena: **R Foundation for Statistical Computing**, c2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

RUBAN, A. V. Nonphotochemical Chlorophyll Fluorescence Quenching: Mechanism and Effectiveness in Protecting Plants from Photodamage. **Plant Physiology**, [S. l.], v. 170, n. 4, p. 1903-1916, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.15.01935>. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/170/4/1903/6114162>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SANTOS, S. A. *et al.* Influence of shading on the leaf morphoanatomy and tolerance to glyphosate in Commelina benghalensis L. and Cyperus rotundus L. **Australian Journal of Crop Science**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 135-142, 2015. Disponível em: <https://abre.ai/jyb5> . Acesso em: 21 abr. 2024.

SANTOS, T. S. *et al.* Levantamento de plantas daninhas em soja cultivada sob diferentes espaçamentos em savana amazônica. **Rev. Ciênc. Agrar.**, Belém, v. 63, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3305>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (org.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV, 2007, p. 58-117.

SOARES, D. A. *et al.* Soybean Yield and Nutrition Grown on the Straw of Grain Sorghum Inoculated with *Azospirillum brasilense* and Intercropped with BRS Paiaguás Grass. **Plants**, [S. l.], v. 12, p. 2007, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12102007>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/10/2007>. Acesso em: 21 abr. 2024.

TAIZ, L. ZEIGER, R. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Ed Artimed, 2013.

TUFFI SANTOS, L. D. *et al.* Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 22, n. 1, p. 101-107, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000100013>. Disponível em: <https://abre.ai/jypN>. Acesso em: 21 abr. 2024.

VAN BRUGGEN, A. H. C. *et al.* Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 616-617, p. 255-268, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.309>. Disponível em: <https://abre.ai/jypD>. Acesso em: 21 abr. 2024.

ZHA, T. S. *et al.* Diurnal response of effective quantum yield of PSII photochemistry to irradiance as an indicator of photosynthetic acclimation to stressed environments revealed in a xerophytic species. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 74, p. 191-197, 2017. DOI: [10.1016/j.ecolind.2016.11.027](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.027). Disponível em: <https://abre.ai/jypG>. Acesso em: 21 abr. 2024.

ZOZ, J. *et al.* Crescimento inicial de eucalipto em consórcio com braquiaria. **Adv. For. Sci.**, Cuiabá, v. 6, n. 2, p. 651-657, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v6i2.7692>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/view/7692/pdf>. Acesso em: 21 abr. 2024.

4.2 Artigo II – Influência da distância da linha de eucalipto na dessecação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha* por glyphosate e decomposição da palhada em Sistema Silvistoril

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista *Journal of Environmental Science and Health, Part B*.

Influência da distância da linha de eucalipto na dessecação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha* por glyphosate e decomposição da palhada em Sistema Silvistoril

Resumo: O uso de herbicidas em sistemas agroflorestais desconsidera a condição de luminosidade no sub-bosque das árvores. As relações que ocorrem entre o ambiente sombreado pelas árvores, as plantas do gênero *Urochloa* e o glyphosate podem modificar a resposta das plantas ao herbicida. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a ação do glyphosate sobre *Urochloa decumbens* cv Basilisk e *U. brizantha* cv. Marandu e o processo de decomposição da palhada produzida em sistema silvistoril com diferentes níveis de sombreamento. Foram realizados dois experimentos em sistema silvistoril, um com *U. decumbens* e outro com *U. brizantha*, ambos em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. Nas parcelas, foram alocadas 4 faixas de cultivo com a diferentes distâncias da linha de árvores de eucalipto, sendo 1 a 4, 4 a 7, 7 a 10 m, e o cultivo das gramíneas em monocultivo ou pleno sol. Nas subparcelas, foram alocadas as doses 1440, 1080, 720, 360 e 0,0 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate para o controle de *U. decumbens* e 2160, 1680, 1200, 720 e 0,0 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate para *U. brizantha*. Todas as doses testadas em *U. decumbens* controlaram as plantas nos ambientes sombreados. No pleno sol, o controle de *U. decumbens* se deu a partir de 1080 g ha⁻¹ de glyphosate. Para *U. brizantha*, todos os ambientes apresentaram controle de 100% com a aplicação de doses superiores a 1200 g ha⁻¹ do herbicida. Com 720 g ha⁻¹, o controle de *U. brizantha* foi inferior no pleno sol e no centro das entrelinhas das árvores, sendo que, ao pleno sol, o controle foi insuficiente. Apesar disso, em pleno sol seu controle foi semelhante aos outros sombreamentos. Em sistema silvistoril, com espaçamento entrelinhas de eucalipto de 20 m, *U. decumbens* cv. Basilisk e *U. brizantha* cv. Marandu são controladas com 360 e 720 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate, respectivamente, independentemente da distância em relação às árvores. A economia de gasto com o glyphosate para 100% de controle no sistema silvistoril foi de 66,67% para *U. decumbens* cv. Basilisk e de 40,0% para *U. brizantha* cv. Marandu, em comparação com o obtido no cultivo em pleno sol. Com a aplicação de glyphosate, há queda na eficiência quântica do fotossistema II e na taxa de transporte de elétrons, com resposta mais pronunciada a partir de 360 e 720 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate, para *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa brizantha* cv. Marandu, respectivamente, independentemente da distância em relação às árvores. As plantas apresentam maior queda na taxa de decomposição nas faixas mais centrais, onde há maior luminosidade. A liberação de CO² pelo solo acontece mais próximo das árvores, onde há menor incidência luminosa.

Palavras-chave: sombreamento, herbicida, controle de plantas daninhas sombreadas, redução de dose, sistemas integrados de produção agropecuária.

Influence of distance from the eucalyptus line on the desiccation of *Urochloa decumbens* and *Urochloa brizantha* by glyphosate and straw decomposition in a Silvopastoral System

Abstract: The use of herbicides in agroforestry systems disregards the light conditions in the understory of trees. The relationships that occur between the tree-shaded environment, plants of the *Urochloa* genus and glyphosate can modify the plants' response to the herbicide. Therefore, the objective of the work was to evaluate the action of glyphosate on *Urochloa decumbens* cv Basilisk and *U. brizantha* cv. Marandu and the decomposition process of straw produced in a silvopastoral system with different levels of shading. Two experiments were carried out in a silvopastoral system, one with *U. decumbens* and the other with *U. brizantha*, both in a split-plot scheme, in a completely randomized design, with 4 replications. In the plots, 4 cultivation strips were allocated at different distances from the eucalyptus tree line, being 1 to 4, 4 to 7, 7 to 10 m, and the cultivation of grasses in monoculture or full sun. In the subplots, doses 1440, 1080, 720, 360 and 0.0 g a.e. ha⁻¹ of glyphosate were allocated for the control of *U. decumbens* and 2160, 1680, 1200, 720 and 0.0 g a.e. ha⁻¹ of glyphosate for *U. brizantha*. All doses tested on *U. decumbens* controlled plants in shaded environments. In full sun, control of *U. decumbens* occurred with 1080 g ha⁻¹ of glyphosate. For *U. brizantha*, all environments showed 100% control with the application of doses greater than 1200 g ha⁻¹ of the herbicide. At 720 g ha⁻¹, control of *U. brizantha* was lower in full sun and in the center of the tree lines, whereas, in full sun, control was insufficient. Despite this, in full sun its control was similar to other shades. In a silvopastoral system, with space between eucalyptus rows of 20 m, *U. decumbens* cv. Basilisk and *U. brizantha* cv. Marandu are controlled with 360 and 720 g a.e ha⁻¹ of glyphosate, respectively, regardless of the distance from the trees. The cost savings on glyphosate for 100% control in the silvopastoral system were 66.67% for *U. decumbens* cv. Basilisk and 40.0% for *U. brizantha* cv. Marandu, compared to that obtained from cultivation in full sun. With the application of glyphosate there is a drop in the quantum efficiency of photosystem II and in the electron transport rate, with a more pronounced response from 360 and 720 g a.e ha⁻¹ of glyphosate, for *Urochloa decumbens* cv. Basilisk and *Urochloa brizantha* cv. Marandu, respectively, regardless of the distance from the trees. Plants show a greater drop in the rate of decomposition in the most central bands, where there is greater light. The release of CO₂ from the soil occurs closer to the trees, where there is less light.

Keywords: shading, herbicide, shaded weed control, dose reduction, integrated agricultural production systems.

Introdução

Os sistemas integrados de produção agropecuária são caracterizados pela concentração de diferentes finalidades de uso da terra, no mesmo espaço (Hirakuri *et al.*, 2012). Uma característica comumente encontrada nesses sistemas é a presença do componente arbóreo, que normalmente é cultivado em conjunto com culturas agrícolas e pastagens. O uso de herbicidas nesses sistemas de produção, seja para a produção de palhada para o plantio direto, seja para o manejo de plantas daninhas nas culturas, desconsidera a condição de luminosidade no sub-bosque das árvores.

O componente arbóreo pode funcionar como uma barreira para a luz incidente no sub-bosque, modificando a quantidade e a qualidade da luz que chega nos estratos inferiores de cultivo (Pedro Júnior *et al.*, 1995). As plantas crescidas sob sombreamento podem sofrer modificações estruturais e fisiológicas que implicam maior suscetibilidade à ação de herbicidas (Costa *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2022a; Ferreira *et al.*, 2024). Assim sendo, a hipótese do presente trabalho é que o ambiente sombreado altera a resposta de *U. decumbens* e *U. brizantha* ao glyphosate, diminuindo a dose necessária para 100% de controle.

Para algumas plantas daninhas importantes, a ação do glyphosate é mais eficiente em ambientes sombreados, e as infestantes podem ser controladas com doses mais baixas do herbicida, em comparação com o cultivo em pleno sol, como *Merremia cissoides* (Ferreira *et al.*, 2022a), *Euphorbia heterophylla* (Ferreira *et al.*, 2022b), *Macroptilium atropurpureum* (Costa *et al.*, 2020), *Commelina benghalensis* e *Cyperus rotundus* (Santos *et al.*, 2015) e *Digitaria insularis* (Ferreira *et al.*, 2024).

Para o gênero *Urochloa*, há poucas informações acerca de como é a resposta das plantas ao glyphosate quando cultivadas em sistemas integrados de produção agropecuária e estão limitadas aos cultivares Marandu (Silva *et al.*, 2024) e Piatã (Brant *et al.*, 2018), da espécie *Urochloa brizantha*. As interações entre planta, herbicida e ambiente podem alterar a resposta de genótipos do gênero *Urochloa* ao glyphosate, produto amplamente usado no controle de plantas daninhas (Novotny, 2022) e na dessecação para o plantio direto na palha (Oliveira; Ferreira, 2019).

A possibilidade de redução de doses de herbicidas utilizados para o controle eficiente de plantas daninhas e dessecação para plantio direto na palha em sistemas de cultivo onde o sombreamento está presente, pode contribuir para a redução de impactos ao meio ambiente,

além de representar redução de custos financeiros. Dessa forma, o objetivo com o trabalho foi avaliar a dessecação por glyphosate de *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa brizantha* cv. Marandu e o processo de decomposição da palhada produzida em sistema silvipastoril, com diferentes níveis de sombreamento.

Materiais e métodos

No presente estudo, foram desenvolvidos dois experimentos de campo, sendo um para *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e outro para *U. brizantha* cv. Marandu. Nos dois experimentos, todos os procedimentos experimentais foram idênticos, sendo diferente apenas a espécie estudada.

Os experimentos foram instalados em Sistema Silvipastoril (SSP), com aproximadamente 6.900 m², estabelecido há 15 anos, na Fazenda Experimental Hamilton de Abreu Navarro, do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizada no município de Montes Claros, nas coordenadas 16°40'3.17", de latitude Sul, 43°50'40.97", de longitude Oeste, a 598 metros de altitude. O clima do local é do tipo Aw (tropical de savana), caracterizado por temperaturas anuais elevadas e regime de chuvas marcado por verão chuvoso e inverno seco (CLIMATE DATA, 2023). Os dados climáticos foram armazenados durante o período experimental e estão dispostos na Figura 1.

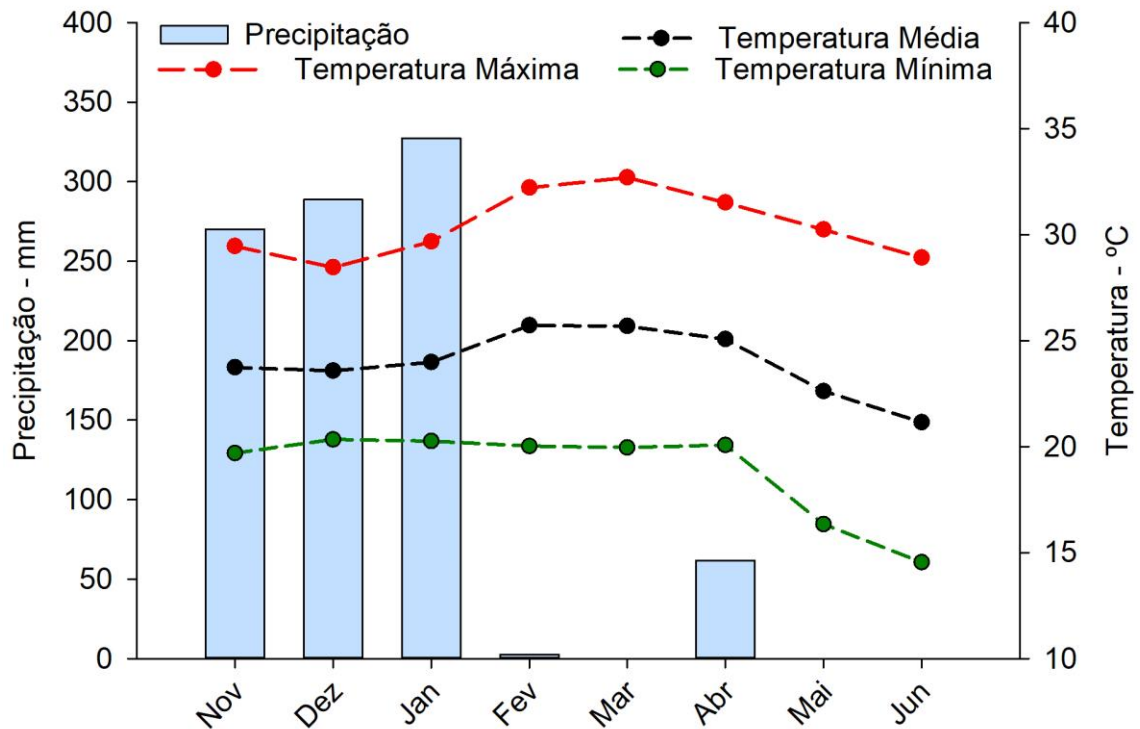


Figura 1 – Precipitação, temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima entre os meses de novembro de 2022 a junho de 2023. Dados obtidos por estação meteorológica do INMET (2024), localizada a cerca de 2 Km da área experimental (autoria própria, 2024).

Urochloa decumbens e *U. brizantha* foram estabelecidas cerca de um ano antes do início do experimento. A área foi previamente preparada, com aração e gradagem. A semeadura foi feita em linha, com auxílio de plantadeira mecanizada e espaçamento de 0,5 m entre linhas de plantio. A espécie arbórea presente no sistema (*Eucalyptus* sp. clone I144) apresentava espaçamento de 4 x 20 m. Dentro dos limites do SSP, foi selecionada uma área adjacente, sem árvores, que foi utilizada para estabelecer o monocultivo das duas gramíneas. Desse modo, *U. decumbens* e *U. brizantha* foram inseridas nas entrelinhas de eucalipto (área sombreada) e em pleno sol.

Os dois experimentos foram instalados em parcelas subdivididas, em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. Nas parcelas, foram estabelecidos os ambientes de cultivo quanto à luminosidade incidente, correspondentes a quatro faixas ao longo do SSP, sendo 1 a 4, 4 a 7 e 7 a 10 m de distância da linha de árvores; e em pleno sol, faixa esta localizada em área adjacente ao SSP, a cerca de 25 m das árvores. Nas subparcelas, foram

testadas doses do glyphosate para o controle de *U. decumbens* e *U. brizantha*, que corresponderam a um gradiente decrescente de 5 doses de herbicida glyphosate, a partir daquela recomendada pelo fabricante, para a dessecação de cada espécie. No experimento com *U. decumbens*, foram utilizadas as doses de 1440, 1080, 720, 360 e 0,0 (testemunha) g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. No experimento com *U. brizantha*, foram utilizadas as doses de 2160, 1680, 1200, 720 e 0,0 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. Cada subparcela experimental media 3,0 x 2,5 m.

A caracterização dos ambientes quanto à incidência de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi feita com auxílio de ceptômetro portátil (modelo AccuPAR, LP-80, Decagon Devices, Pullman, EUA). As medições foram feitas de hora em hora, das 8h às 16h, por 16 dias, durante o estudo (Figura 2).

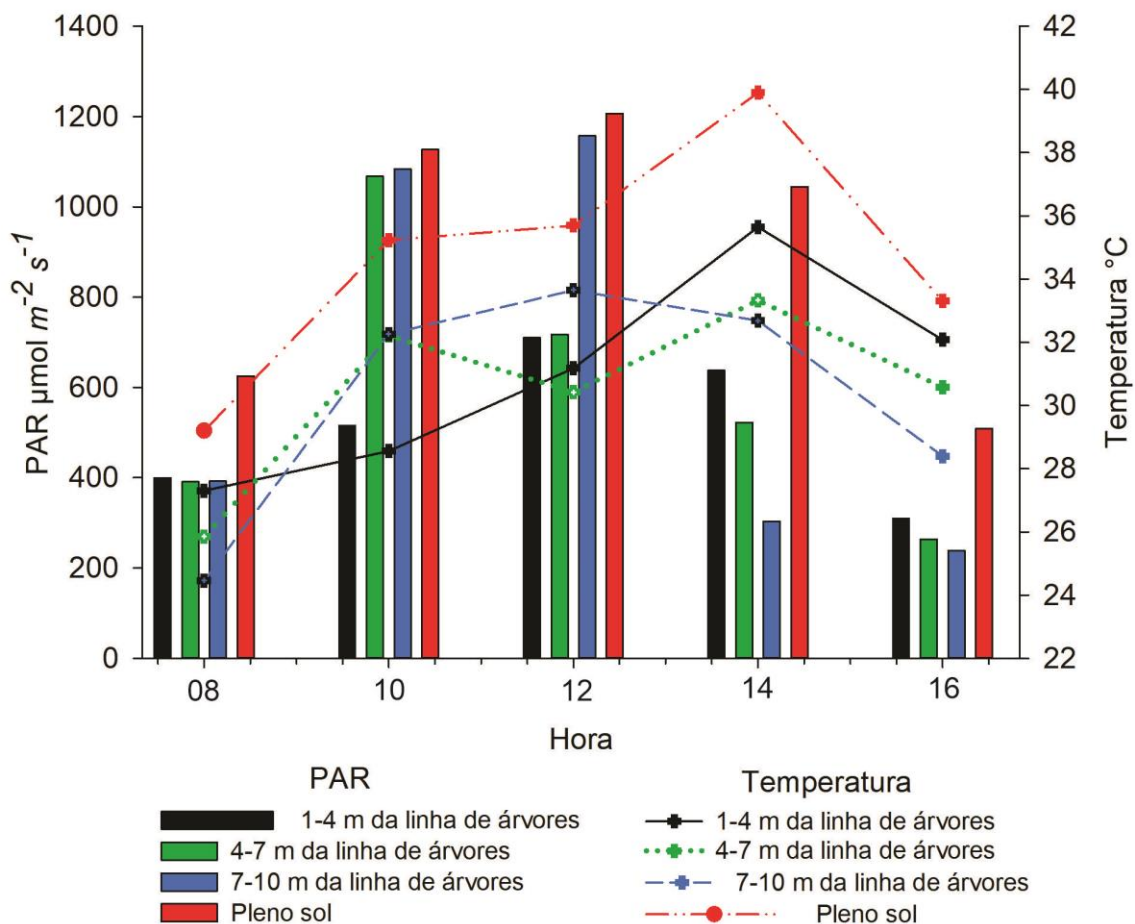


Figura 2 – Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e temperatura em pleno sol em diferentes distâncias da linha de árvores em sistema silvipastoril (autoria própria, 2024).

Antes da aplicação do herbicida, foi feita uma roçada com altura entre 15 e 20 cm, para a uniformização das plantas. Trinta dias após a roçada de uniformização, foi realizada a aplicação das doses de glyphosate com o auxílio de pulverizador costal manual (modelo PJH, Jacto do Brasil SA, Pompeia, Brasil) com ponta (modelo TTI11002 Teejet, Wheaton, Illinois, EUA) e válvula reguladora de pressão (modelo U7466.00, Guarany, Itu, Brasil), constante a 300 kPa, calibrado para aplicação de 116 L ha⁻¹ de calda. A altura média das plantas, no momento da aplicação de herbicida, variou entre as faixas: 36 cm na faixa de 1 a 4 m das árvores, 48 cm na faixa de 4 a 7 m das árvores, 54 cm na faixa de 7 a 10 m das árvores e 34 cm na faixa de pleno sol. No momento da aplicação, o local apresentava temperatura média de 25°C, umidade relativa do ar de 43% e velocidade média do vento de 6 Km h⁻¹.

Quatro dias após a aplicação de herbicida, realizou-se a análise da eficiência fotoquímica do fotossistema II e da taxa de transporte de elétrons (ETR), das folhas de *U. decumbens* e *U. brizantha*, com o auxílio de fluorômetro modular portátil (modelo OS5p, OPTI- Sciences, Hudson, EUA). Para a padronização da região a ser realizada a medição em cada planta, a pinça do aparelho foi posicionada no terço médio da terceira folha, completamente expandida em perfilhos de porte semelhante à altura média das plantas.

Para avaliar o controle das plantas pelo glyphosate, foram realizadas, nos 7.º e 45.º dias após a aplicação (DAA) de herbicida, avaliações conforme a metodologia da ALAM (1974). As avaliações visuais de controle foram realizadas por três avaliadores treinados, sendo obtida a média aritmética simples, para cada subparcela. Ao 45.º DAA do herbicida, foi feita a avaliação de rebrota, coletando-se na área útil de cada parcela uma amostra da forrageira, com auxílio de moldura de 1 x 1 m. Todas as plantas localizadas dentro da área da moldura foram cortadas rente ao solo, identificadas e levadas ao laboratório para separação entre material vivo (verde) e material morto ou seco pela ação do glyphosate. Após a separação, as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada (modelo SSDc, Solidsteel, Piracicaba, Brasil), a 65°C, até peso constante, para a determinação da massa seca. O material coletado com auxílio de moldura de 1 x 1 m, em cada uma das parcelas, foi pesado e, posteriormente, transformado para kg ha⁻¹.

Após a secagem em estufa, uma alíquota de cada amostra, oriunda de sua respectiva parcela experimental, foi destinada para a avaliação de decomposição. O material foi depositado em sacos de *nylon*, medindo 10 x 10 cm, que foram pesados e identificados de

acordo com a respectiva parcela de origem. Posteriormente, os sacos retornaram para a área experimental e foram depositados em suas respectivas parcelas, em contato direto com o solo. Cada parcela recebeu 6 sacos, que foram retirados com 15, 30, 45, 75, 105 e 135 dias, a partir do dia em que foram depositados nas parcelas. Para a avaliação da decomposição, os sacos foram retirados e levados ao laboratório. Posteriormente, foram lavados em água corrente para a retirada de partículas de solo, e a forrageira foi levada à estufa de ventilação forçada, a 65°C, até peso constante, para a determinação da massa seca.

Em cada data de retirada dos sacos de *nylon*, foi realizada análise de liberação de CO₂ do solo nas parcelas com o auxílio de aparelho analisador de gás infravermelho (modelo Lcpro-SD, Analytical Development, Hoddesdon, Reino Unido).

Os dados de controle pelo glyphosate, a massa seca e a decomposição das plantas foram analisadas descritivamente, com o auxílio da média e do erro padrão da média. Os demais dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de significância. Na comparação entre as diferentes faixas de sombreamento, adotou-se o teste de média Tukey a 5% de significância. Para efeito das doses, os dados foram submetidos à análise de regressão linear e não linear. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico R Studio versão 4.2.3 (R CORE TEAM, 2023).

Resultados

No 15.º dia após a aplicação (DAA) do herbicida glyphosate, *Urochloa decumbens* apresentou controle superior a 60% para todas as doses de glyphosate aplicadas nos ambientes sombreados pelo eucalipto, independentemente da distância das árvores (Figura 3). Ao 45.º DAA, o controle atingiu médias superiores a 90% nos ambientes sombreados, para todas as doses de glyphosate aplicadas. No pleno sol, o controle de *U. decumbens* não atingiu níveis satisfatórios com a aplicação de 360 e 720 g ha⁻¹ de glyphosate em nenhuma das avaliações, sendo a forrageira controlada completamente apenas com as doses de 1080 e 1440 g ha⁻¹ do herbicida (Figura 3), no 45.º DAA.

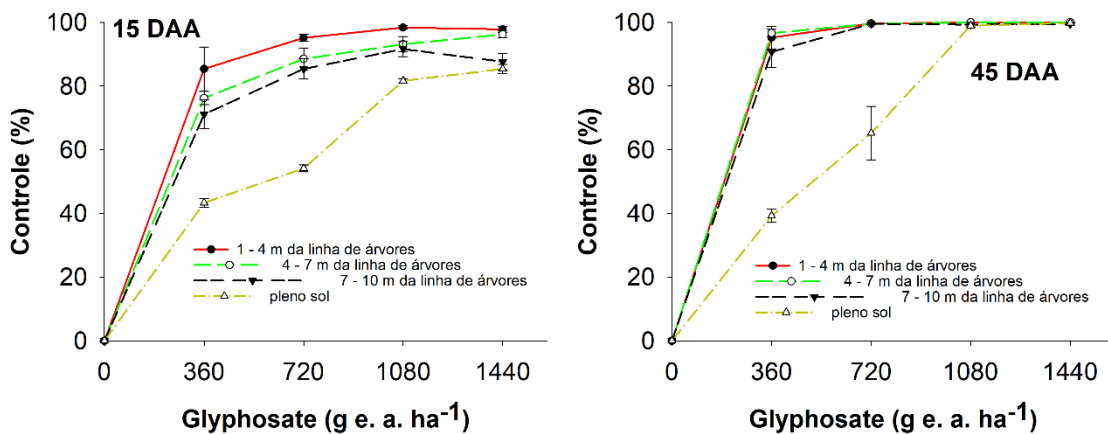


Figura 3 – Controle (%) por glyphosate de *Urochloa decumbens*, cultivada em diversos sombreamentos em relação à linha das árvores de eucalipto, no 15.º e 45.º dia após a aplicação do herbicida (DAA). Barras verticais: erro padrão da média (autoria própria, 2024).

No 15.º DAA, o glyphosate promoveu controle superior a 60% para *U. brizantha*, em todas as doses de herbicidas testadas, independentemente do ambiente de cultivo. Porém, a faixa entre 1 a 4 metros da linha da árvore foi a única que apresentou valores abaixo de 80% em todas as doses (Figura 4). No 45.º DAA, todos os ambientes apresentaram controle de 100% das plantas de capim-Marandu, com a aplicação de doses superiores a 1200 g ha⁻¹ de glyphosate. Com a aplicação da menor dose (720 g ha⁻¹), o controle de *U. brizantha* cv. Marandu, ao 45.º DAA, foi inferior no pleno sol e no centro das entrelinhas das árvores, ambientes de maior disponibilidade de luz (Figura 4), sendo que, ao pleno sol, o controle foi considerado muito bom (ALAM, 1974), tendo atingido valores pouco superiores a 80% (Figura 4).

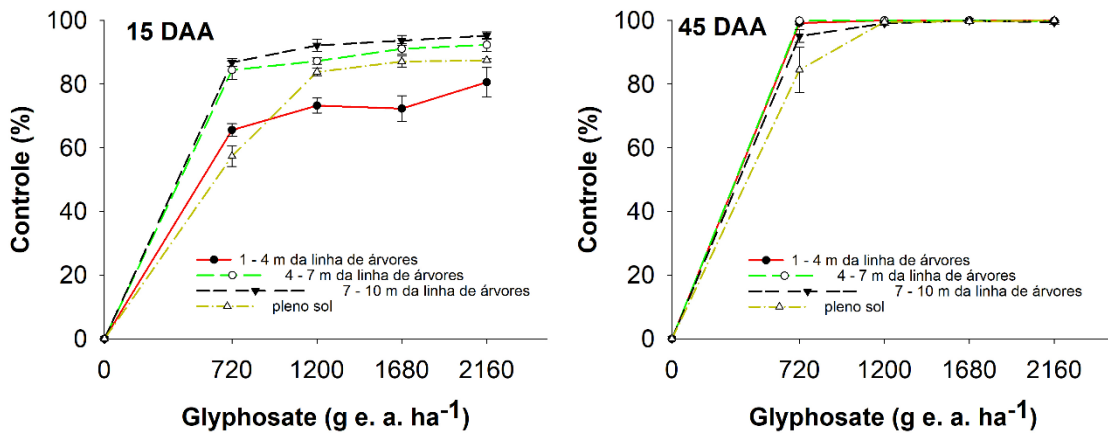


Figura 4 – Controle (%) por glyphosate de *Urochloa brizantha*, cultivada em diversos sombreamentos em relação à linha das árvores de eucalipto, no 15.º e 45.º dia após a aplicação (DAA). Barras verticais: erro padrão da média (autoria própria, 2024).

No 45.º DAA, as plantas de *U. decumbens* e *U. brizantha* não tratadas com glyphosate, apresentaram maior produção de massa seca nos ambientes de maior disponibilidade de luz, ou seja, no pleno sol e na faixa central das entrelinhas das árvores de eucalipto no SSP, em comparação com as faixas de maior proximidade com as linhas do componente arbóreo (Figuras 5 e 6). Nas parcelas de *U. decumbens* tratadas com glyphosate, a biomassa viva não controlada pelo herbicida foi encontrada apenas em pleno sol, sendo a forrageira totalmente dessecada no SSP com eucalipto ao 45.º DAA (Figura 5).

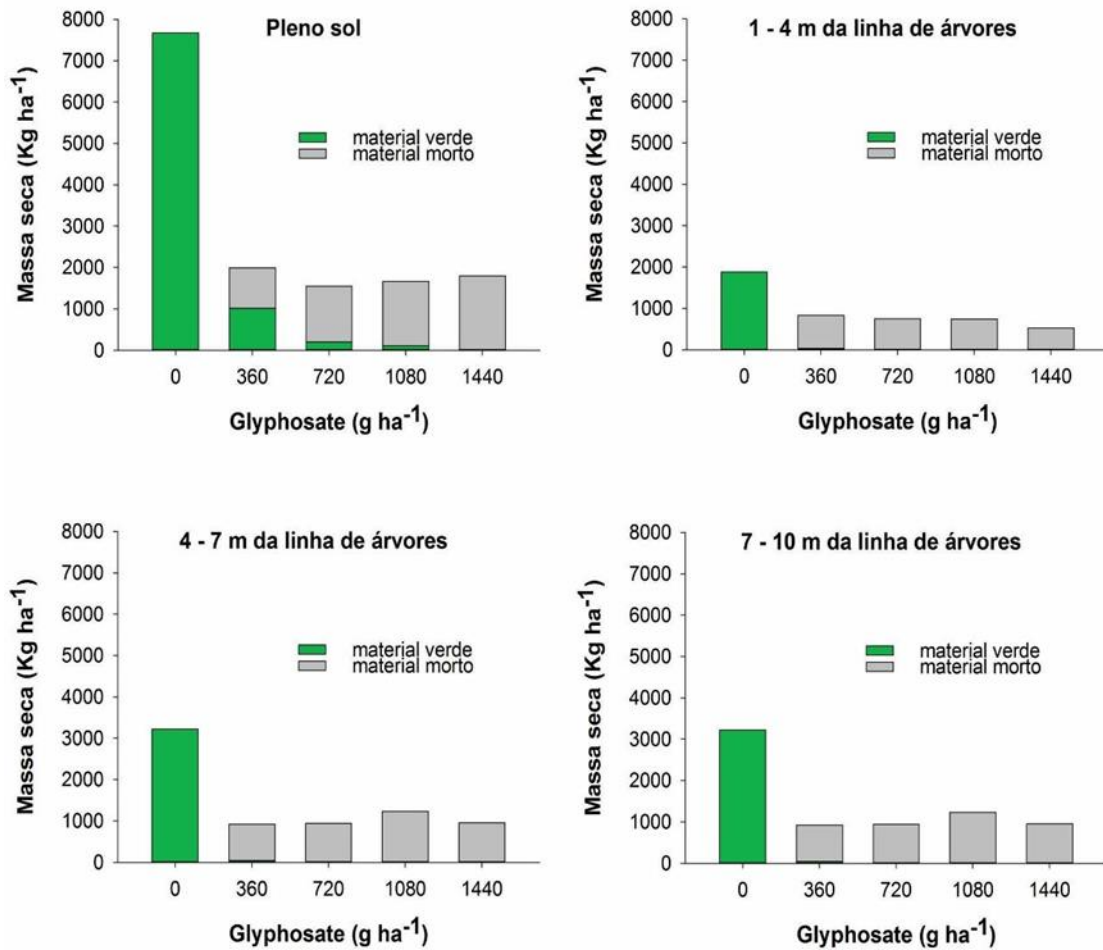


Figura 5 – Massa seca dessecada pelo herbicida e verde (viva) de plantas de *Urochloa decumbens*, cultivadas em diferentes faixas de sombreamento, no 45.º dia após aplicação de glyphosate (autoria própria, 2024).

Urochloa brizantha também apresentou massa seca verde remanescente, após a aplicação de glyphosate, no pleno sol e no centro das fileiras de árvores de eucalipto (Figura 6). Na faixa entre 1 e 4 m da linha de árvores, houve dessecção em todas as doses aplicadas, diferente da faixa entre 4 e 7 m, que apresentou remanescente de matéria verde quando foram aplicadas 720 g ha⁻¹ de glyphosate (Figura 6).

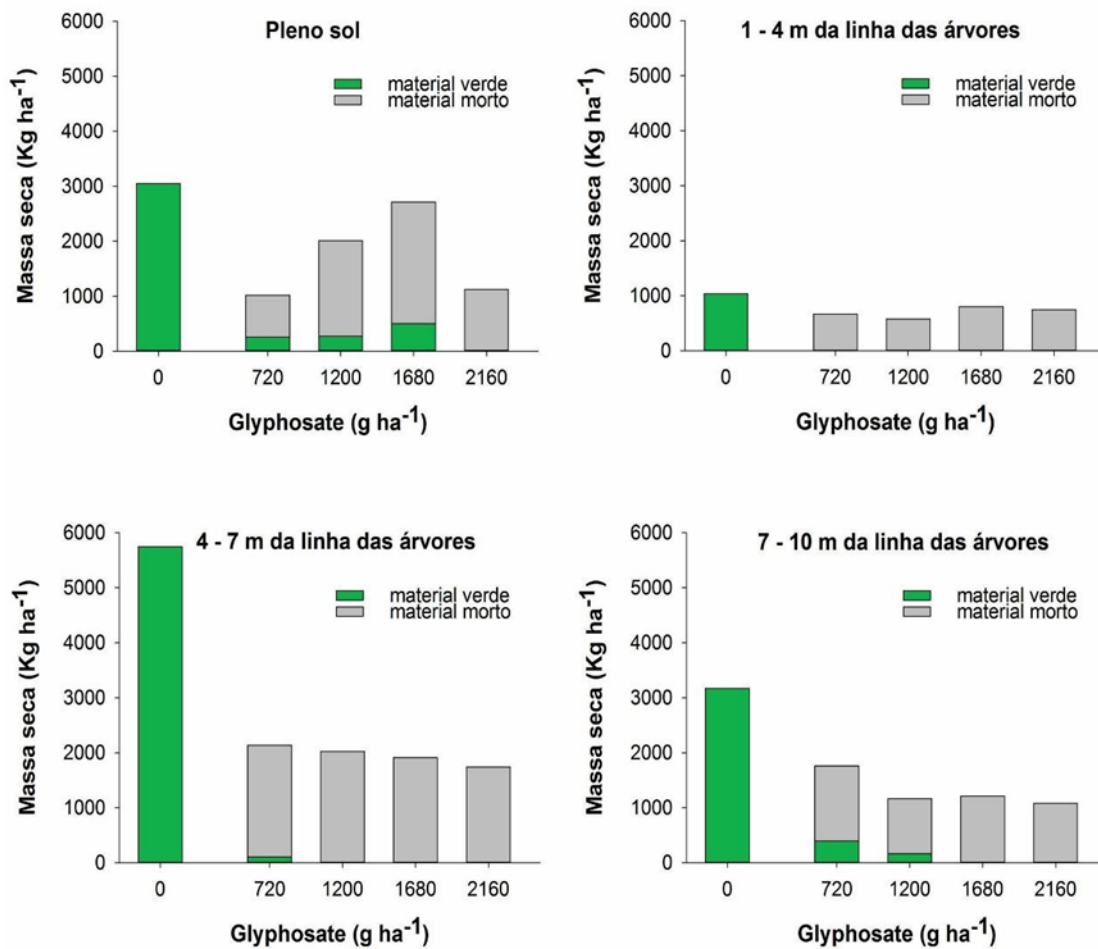


Figura 6 – Material seco (dessecado pelo herbicida) e verde de plantas de *Urochloa brizantha*, cultivadas em diferentes faixas de sombreamento, no 45.º dia após a aplicação de glyphosate (autoria própria, 2024).

No 45.º DAA, deu-se início à avaliação de decomposição da palhada de *U. decumbens* e *U. brizantha*, com coleta de dados aos 15.º, 30.º, 45.º, 75.º, 105.º e 135.º dias após a data inicial dessa avaliação (Figura 7). A palhada de *Urochloa decumbens* apresentou queda maior de decomposição em plantas não tratadas com glyphosate, ao passo que, quando da aplicação das diferentes doses do herbicida, a decomposição foi semelhante (Figura 7). A palhada de plantas de *U. decumbens* cultivadas em pleno sol apresentaram queda mais acentuada da decomposição, ao passo que, entre as demais faixas de cultivo, a taxa de decomposição foi semelhante (Figura 7).

A palhada de plantas não tratadas com glyphosate de *U. brizantha* também apresentou queda mais acentuada na taxa de decomposição, diferindo do material dessecado com as doses de glyphosate (Figura 7). Porém, entre as faixas de cultivo em relação às distâncias das

árvores de eucalipto, a maior queda na taxa de decomposição da palhada foi observada nas faixas entre 4 a 7 m, intermediária, e entre 7 a 10 m, mais ao centro, que apresentaram taxa de decomposição semelhante a das plantas cultivadas em pleno sol. As plantas mais próximas da linha de eucalipto apresentaram queda menos acentuada da taxa de decomposição (Figura 7).

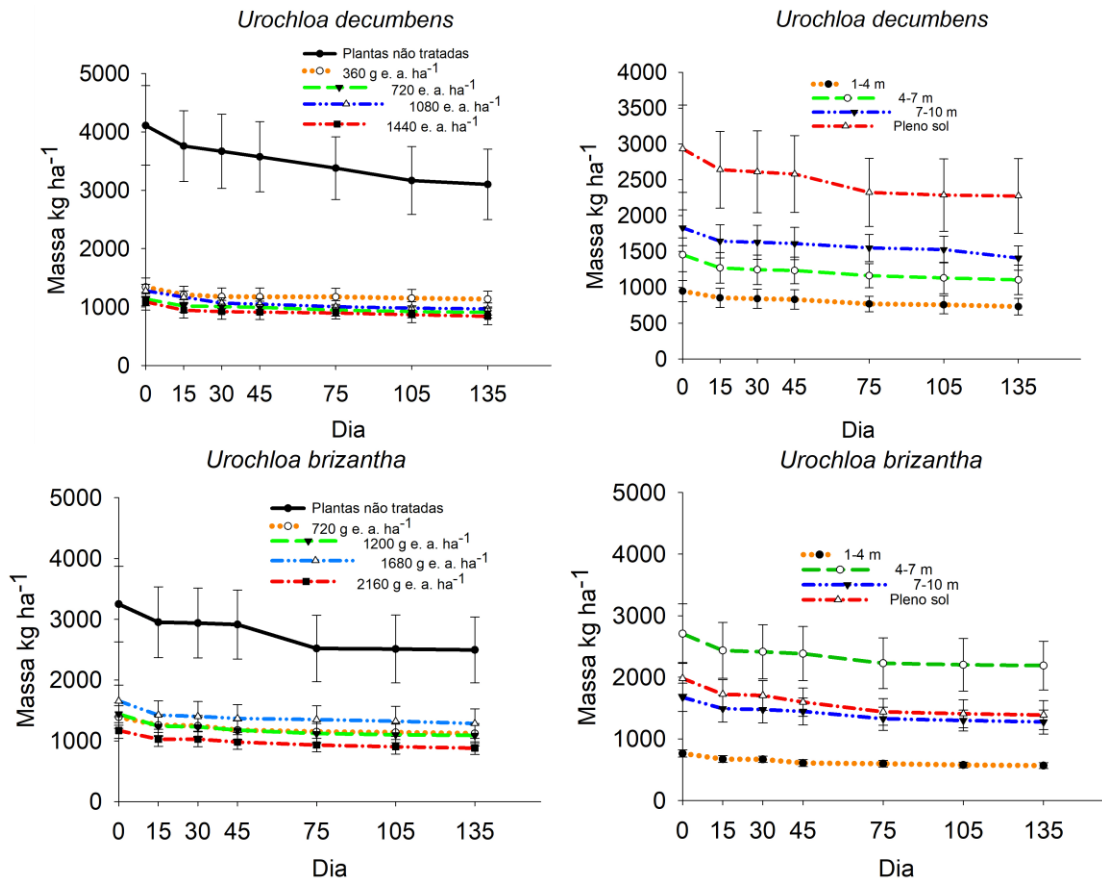


Figura 7 – Decomposição da palhada de *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha*, cultivadas em pleno sol e em diferentes faixas de sombreamento, sob efeito de diferentes doses de glyphosate (autoria própria, 2024).

A taxa de CO₂ liberado do solo em função do cultivo de *U. decumbens* e *U. brizantha* nas entrelinhas do eucalipto e das doses de glyphosate usadas na dessecação das gramíneas estão apresentadas na Figura 8. *Urochloa decumbens* apresentou maior taxa de liberação de CO₂ inicial em plantas não tratadas com glyphosate, comportamento que permaneceu até o 45.º dia de avaliação, sendo que, posteriormente, o comportamento foi semelhante entre todas as doses de glyphosate aplicadas; mas, entre as faixas de cultivo, houve maior liberação de CO₂ mais próximo da linha de árvores durante o período avaliativo (Figura 8).

Urochloa brizantha apresentou taxa de liberação de CO₂ semelhante entre todas as doses de glyphosate aplicadas. Entre as faixas de cultivo, houve maior liberação de CO₂ mais

próximo das linhas de eucalipto, entre 1 e 4 m e entre 4 e 7 m das árvores, locais de maior sombreamento. A menor taxa de liberação de CO₂ foi observada em pleno sol (Figura 8).

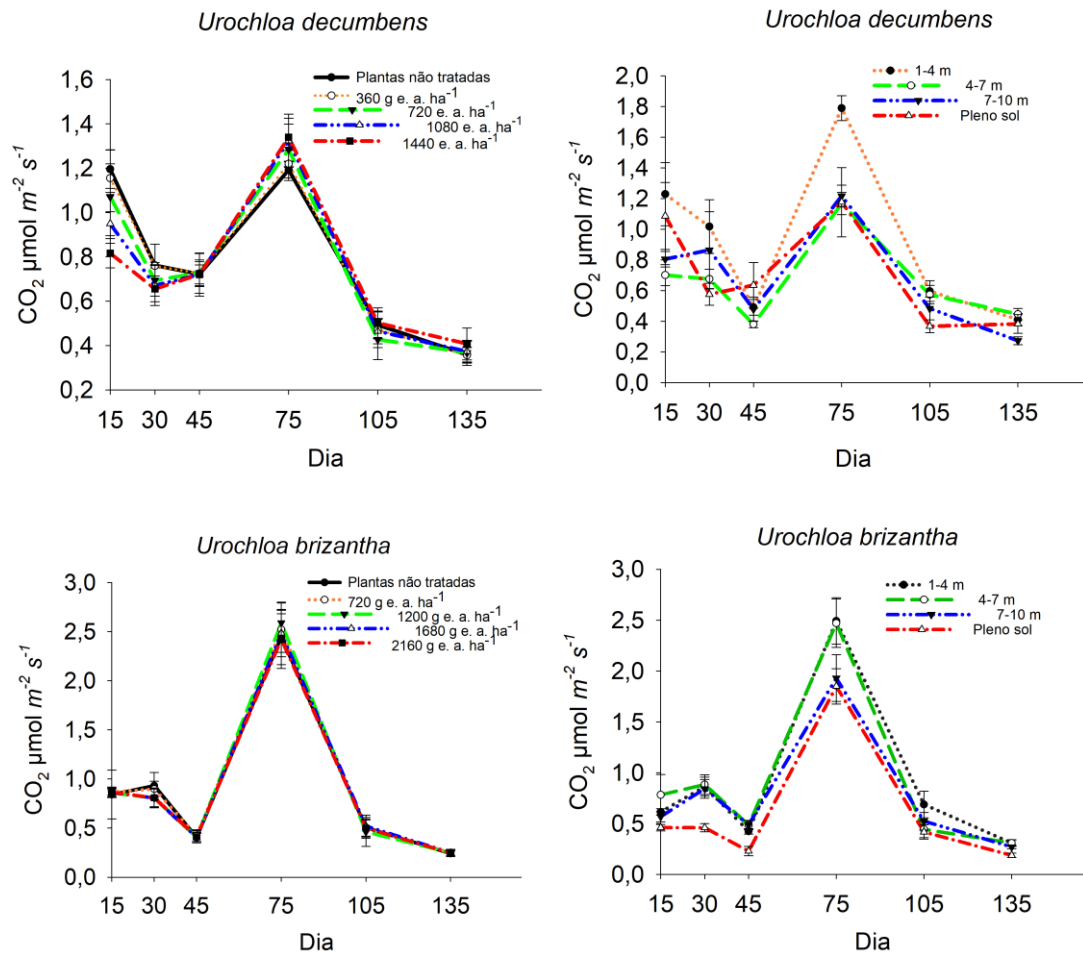


Figura 8 – Liberação de CO₂ no solo durante a decomposição da palhada de plantas de *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha*, cultivadas em pleno sol e em diferentes faixas de sombreamento, após a aplicação de diferentes doses de glyphosate (autoria própria, 2024).

As diferentes distâncias em relação às árvores influenciaram no efeito das doses de glyphosate aplicadas, promovendo diferentes respostas nas plantas de *U. decumbens* e *U. brizantha* para a eficiência quântica do fotossistema II (Y) e a taxa de transporte de elétrons (ETR) (Figura 9). Para *U. decumbens*, todos os ambientes de cultivo apresentaram queda acentuada na Y e na ETR das plantas com aplicação das menores doses. Para a *U. brizantha*, houve interação entre as doses de herbicida e as diferentes faixas de cultivo, com respostas distintas na ETR para o intervalo de doses estudado. Enquanto isso, houve queda acentuada

na Y de *U. decumbens*, em todas as faixas de cultivo, com a aplicação das doses de glyphosate, em relação ao pleno sol (Figura 9).

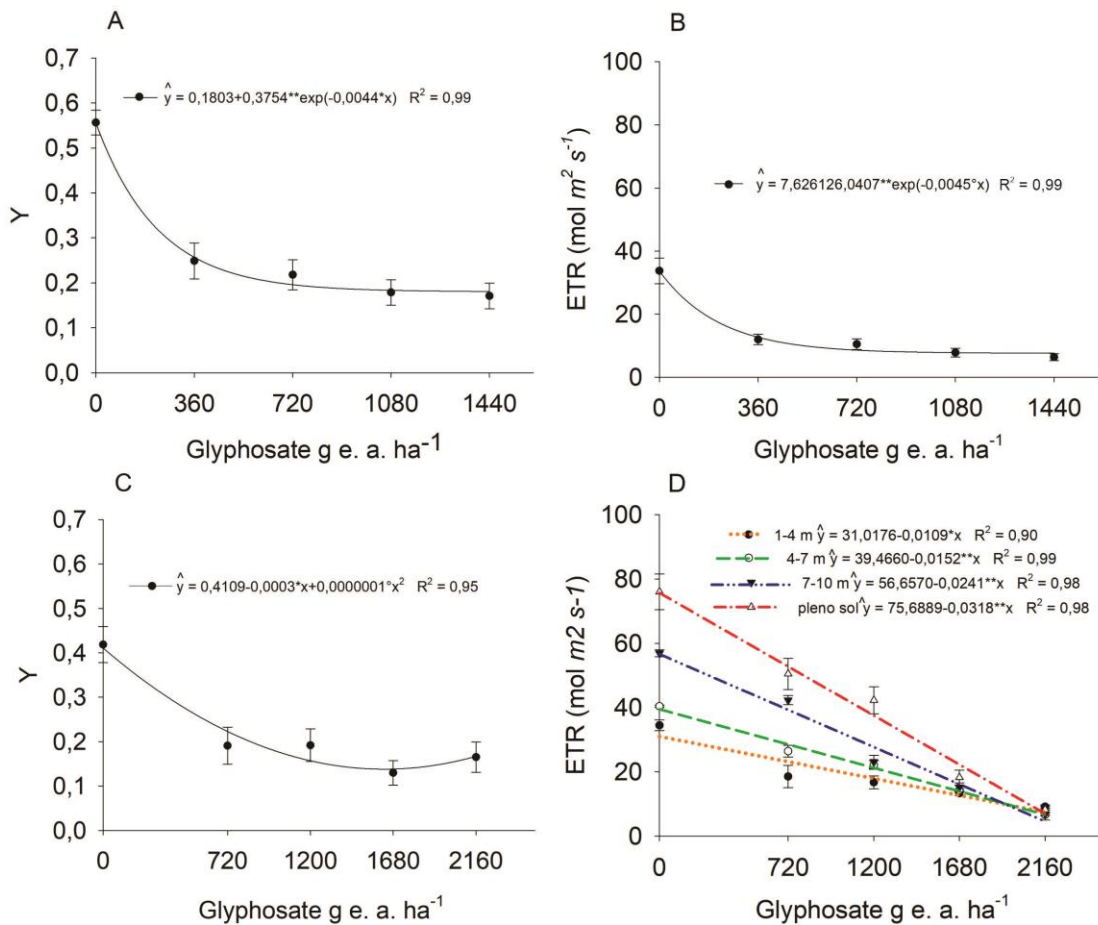


Figura 9 – Eficiência quântica do fotossistema II (Y) de *Urochloa decumbens* (A) e *Urochloa brizantha* (C) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de *U. decumbens* (B) e *U. Brizantha* (D), cultivadas em pleno sol e em diferentes faixas de sombreamento, em relação à área de eucalipto, no 4.º dia após a aplicação de doses de glyphosate. **, *, ° significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade pelo teste t (autoria própria, 2024).

A Y das plantas de *U. decumbens* apresentou maior valor no ambiente a pleno sol, sendo que, entre os demais ambientes, não houve diferença. A ETR dessa espécie não apresentou diferença entre as faixas de cultivo. A Y das plantas *U. brizantha* apresentou maior valor entre 4 e 7 m da linha de eucalipto, enquanto entre os demais ambientes não houve diferença (Tabela 1).

Tabela 1 – Produtividade quântica do fotossistema II (Y) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha* cultivadas em diferentes faixas de sombreamento ao 4.º dia após aplicação de doses de glyphosate.

Distância das árvores (m)	<i>Urochloa decumbens</i>		<i>Urochloa brizantha</i>	
	Y*	ETR*	Y*	ETR ^{ns}
Entre 1 e 4	0.21 b	10,17 b	0,14 b	23,58
Entre 4 e 7	0.26 b	13,82 b	0,37 a	10,03
Entre 7 e 10	0.40 a	9,27 b	0,18 b	27,82
Pleno sol	0.23 b	23,11 a	0,18 b	35,33
CV (%)	45,47	44,97	46,61	91,95

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. * significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade (autoria própria, 2024).

Discussão

As plantas do gênero *Urochloa* são as mais utilizadas no Brasil como forrageiras, sendo que *U. decumbens* e *U. brizantha*, espécies que se configuram como objeto do presente estudo, são, juntamente com *U. ruziziensis*, as mais difundidas do gênero (Kist *et al.*, 2019). Além do uso de *U. decumbens* e *U. brizantha* em pastagens em monocultivo, destaca-se também em cultivos consorciados em sistemas integrados de produção agropecuária (Oliveira *et al.*, 2022) e na produção de palhada para plantio direto (Carvalho *et al.*, 2022). Sabe-se que o ambiente sombreado pode proporcionar alterações morfofisiológicas nas plantas, modificando sua resposta ao glyphosate. Dessa forma, a hipótese do presente trabalho é que o ambiente sombreado altera a resposta de *U. decumbens* e *U. brizantha* ao glyphosate, reduzindo a dose necessária para 100% de controle.

Para o controle de *U. brizantha*, a dose recomenda pelo fabricante é de 2160 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate. Já para o controle de *U. decumbens* é recomendada uma faixa entre 1440 e 2160 g e. a. ha⁻¹ (AGROFIT, 2024). Conforme demonstrado, o presente estudo traz evidências de que é possível reduzir as recomendações de doses para as duas espécies de plantas

estudadas, quando cultivadas sob sombreamento em sistema silvipastoril, com controle considerado excelente (Figuras 3 e 4) e boa produção de palhada (Figuras 5 e 6).

No presente estudo, *U. decumbens* cultivada sob sombreamento nas entrelinhas das árvores de eucalipto foi controlada de forma considerada excelente pela escala da ALAM (1974) com a menor dose estudada (360 g e. a. ha⁻¹), enquanto, em pleno sol, as plantas só atingiram essa condição com 1080 e 1440 g e. a. ha⁻¹ (Figura 3). O capim-Marandu também foi controlado de forma eficiente com a menor dose aplicada (720 g e. a. ha⁻¹) nos ambientes sombreados, sendo que, em pleno sol, esse patamar só foi atingido com as maiores doses aplicadas (Figura 4). As duas espécies produziram menos biomassa total e menos biomassa viva remanescente em sombreamento (Figuras 5 e 6).

Os sistemas integrados de produção agropecuária, como o ambiente do presente trabalho, são caracterizados pela presença de sombreamento promovido pelo componente arbóreo. Os resultados demonstram a importância do presente estudo, uma vez que evidenciam a possibilidade de redução de doses de glyphosate, para controle e dessecção para plantio direto na palha de plantas do gênero *Urochloa*, em ambientes sombreados. Tais achados têm aplicabilidade ampla, tendo em vista que o glyphosate é o herbicida mais utilizado no Brasil (IBAMA, 2023) e no mundo (Novotny, 2022). Além disso, apontam para a possibilidade de redução de impactos ambientais e economia de custos financeiros.

O sombreamento pode promover alterações morfológicas nas plantas, entre elas, a redução da deposição de cera na camada superficial das folhas (Costa *et al.*, 2020). Tal fato pode ter elevado a suscetibilidade das plantas sombreadas à penetração do herbicida pelas folhas, o que foi evidenciado pelo controle considerado excelente com as menores doses aplicadas (Figura 4). Além disso, o sombreamento pode provocar redução da densidade volumétrica de *Urochloa decumbens* em sistema silvipastoril (Lopes *et al.*, 2017) e reduzir a produção de biomassa de *U. decumbens* e *U. brizantha* em sistema silvipastoril (Oliveira *et al.*, 2021). Tais alterações morfológicas estão de acordo com os achados do presente trabalho, onde o sombreamento provocado pelas árvores, no mesmo sistema de produção, reduziu a quantidade de biomassa produzida pelas plantas em todas as diferentes faixas de sombreamento, em relação ao cultivo em pleno sol, com exceção das faixas mais centrais nas entrelinhas de eucalipto ocupadas com *U. brizantha* (Figura 6).

Em sombreamento, as plantas também sofrem modificações fisiológicas ligadas ao estresse pela baixa disponibilidade e qualidade da luz incidente (Quoos *et al.*, 2021; Ferreira

et al., 2024), o que pode estar relacionado com a maior eficácia de controle de *U. brizantha* e *U. decumbens* encontrada no sub-bosque de árvores de eucalipto em sistema silvipastoril. Em comparação com o pleno sol, a ETR das plantas de *U. brizantha* apresentou valores cerca de 50% menores na faixa de cultivo mais próxima das árvores (entre 1 e 4 m), onde há menor luminosidade (Figura 1). Houve queda na ETR de *U. brizantha* e *U. decumbens* com a aplicação das doses de glyphosate e resposta mais acentuada com as menores doses aplicadas (Figura 9). A produção de energia pelas plantas está relacionada com a ETR, pois essa variável é responsável por determinar a taxa de transporte de elétrons fotossintéticos no fotossistema II (Ferreira *et al.*, 2015), estando ligada com a produção de amido, ATP e NADPH (Saroussi *et al.*, 2019). Ao produzirem menos energia, as plantas de *U. brizantha* e *U. decumbens* cultivadas nas entrelinhas das árvores podem ter aumentado sua suscetibilidade ao glyphosate. A menor disponibilidade de energia nas plantas é associada a menor tolerância a herbicidas (Tuffi Santos *et al.*, 2004; Donato *et al.*, 2021).

Nos ambientes sombreados do sistema silvipastoril, *U. brizantha* e *U. decumbens* apresentam maiores valores de eficiência quântica do fotossistema II (Y) (Tabela 1). Plantas cultivadas em ambientes com restrição luminosa podem apresentar elevação na Y (Donato *et al.*, 2021; Zha *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2024), o que vai de encontro com os resultados encontrados no presente trabalho. Porém, com a aplicação de glyphosate, houve queda na Y, com resposta acentuada já nas menores doses aplicadas, nas duas gramíneas estudadas. Esse fato, aliado à queda na ETR, pode ter prejudicado o aparato fotossintético das plantas, o que é evidenciado pelo controle considerado excelente com as menores doses estudadas.

A decomposição da palhada produzida após a aplicação de herbicida foi influenciada pelas doses de glyphosate aplicadas, com queda mais pronunciada em plantas não tratadas com o herbicida, para as duas espécies. Entre as faixas de cultivo no sistema silvipastoril, houve decomposição mais pronunciada nas plantas cultivadas em ambientes com maior radiação incidente, sendo que, para a *Urochloa brizantha*, a faixa de menor sombreamento no SSP apresentou decomposição semelhante ao cultivo em pleno sol (Figura 7). Plantas tratadas com glyphosate podem apresentar redução nos teores de celulose e lignina (Jasper *et al.*, 2015), reduzindo a relação carbono/nitrogênio, o que pode favorecer a ação de microorganismos e incrementar a decomposição, uma vez que a decomposição é desfavorecida em materiais que apresentem alta relação carbono/nitrogênio (Costa *et al.*, 2015). Contudo, no presente estudo, não se observou avanço mais acentuado da

decomposição em plantas tratadas com glyphosate. Na literatura, também é relatado o efeito negativo do glyphosate sobre a população de microorganismos do solo (Andrighetti *et al.*, 2014; Hagner *et al.*, 2019; Vázquez *et al.*, 2021), o que poderia diminuir a decomposição da palhada.

A liberação de CO₂ no solo, em decorrência da atividade microbiana, apresentou resultado semelhante entre as doses de glyphosate aplicadas, para as duas espécies, ao longo das datas de avaliação. Em contrapartida, entre as faixas de cultivo, os ambientes mais próximos da linha de árvores com maior sombreamento apresentaram maior liberação de CO₂, em comparação com os demais, para as duas espécies de plantas, o que pode ser resultado de um microclima mais adequado (Figura 8), proporcionado pelas árvores e pela maior deposição de serrapilheira nessa porção do ambiente.

A restrição da radiação fotossinteticamente ativa, promovida pelas árvores de eucalipto no sub-bosque do sistema silvipastoril, afeta a ação do glyphosate sobre as plantas de *U. brizantha* e *U. decumbens*. Essa condição de sombreamento também acontece em outras situações de cultivos consorciados ou mesmo em monocultivos com espécies arbóreas e arbustivas de interesse, o que reforça a necessidade de observação da condição ambiental para a recomendação do glyphosate nesses ambientes. A possibilidade de redução e doses do glyphosate em ambientes traz uma nova perspectiva de redução de riscos do uso no produto, muitas vezes, associado às altas doses utilizadas (Van Bruggen *et al.*, 2018), além de trazer significativa economia para os produtores e para a adoção dos sistemas integrados de produção com árvores, no caso da necessidade de controle ou de redução do crescimento de *U. brizantha* e *U. decumbens*.

Conclusão

Em sistema silvipastoril, com espaçamento entrelinhas de eucalipto de 20 m, *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa brizantha* cv. Marandu são efetivamente controladas com 360 e 720 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate, respectivamente, independentemente da distância de cultivo em relação às árvores. A economia de gasto com o glyphosate para 100% de controle no sistema silvipastoril foi de 66,67% para *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e de 40,0% para *Urochloa brizantha* cv. Marandu, em comparação com o obtido no cultivo em pleno sol.

Com a aplicação de glyphosate, há queda na eficiência quântica do fotossistema II e na taxa de transporte de elétrons, em relação ao aumento das doses do herbicida, com resposta negativa mais pronunciada a partir de 360 e 720 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate, para *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa brizantha* cv. Marandu, respectivamente, independentemente da distância em relação às árvores.

A taxa de decomposição da palhada é maior nas faixas mais centrais, onde há maior luminosidade. Já a liberação de CO² pelo solo acontece mais próximo das árvores, onde há menor incidência luminosa.

Referências

- AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA)**. Brasília, DF: AGROFIT, c2003. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 25 jan. 2024.
- ALAM - Asociación Latinoamericana de Malezas. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, Bogotá, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.
- ANDRIGHETTI, M. S. *et al.* Biodegradação de glifosato pela microbiota de solos cultivados com macieira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1643-1653, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500029>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqk>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- BRANT, M. C. *et al.* Productivity, control, and decomposition of irrigated forage species under glyphosate doses and shading. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 36, p. e018175761, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100130>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/yFYfft4JC9dSrrPQscentpry/?lang=en>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- CARVALHO, M. L. *et al.* **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2022. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Livro_Plantas_de_Cobertura_completo.pdf. Acesso em: 20 abr. 2024.
- CLIMATE DATA. **Dados climáticos para cidades mundiais**. [S. l.]: CLIMATE DATA, c2023. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- COSTA, G. A. *et al.* Efficiency of glyphosate and carfentrazone-ethyl in the control of *Macropodium atropurpureum* (DC.) Urb. under different light intensities. **South African Journal of Botany**, [S. l.], v. 131, p. 302-309, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.028>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqm>. Acesso em: 20 abr. 2024.

COSTA, N. R. *et al.* Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 818-829, 2015. DOI 10.14393/BJ-v31n3a2015-22434. Disponível em: <https://abre.ai/jyqq>. Acesso em: 22 abr. 2024.

DONATO, L. M. S. *et al.* Light restriction associated with halosulfuron methyl application efficiently reduces the number and mass of tubers of *Cyperus rotundus* L. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, [S. l.], v. 57, p. 39-46, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2021.2020531>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqs>. Acesso em: 21 abr. 2024.

FERREIRA, E. A. *et al.* Respostas fisiológicas da mandioca à aplicação de herbicidas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 645-656, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p645>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqu>. Acesso em: 21 abr. 2024.

FERREIRA, G. A. P. *et al.* Adequacy of glyphosate doses in the *Merremia cissoides* (Lam.) Hallier f. controlas a function of light intensity in the growth environments. **J Environ Sci Health Part B**, [S. l.], v. 57, n. 12, p. 960-969, 2022a. DOI: 10.1080/03601234.2022.2151790. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36482764/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FERREIRA, G. A. P. *et al.* Control of *Digitaria insularis* (L.) Fedde in eucalyptus forests: shading increases sensitivity to glyphosate applied alone and in a mixture with carfentrazone-ethyl. **Discov Agric**, [S. l.], v. 2, p. 3, 2024. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00014-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44279-024-00014-5>. Acesso em: 21 abr. 2024.

FERREIRA, G. A. P. *et al.* Glyphosate doses should be lower for shaded environments: light and the sensitivity of *Euphorbia heterophylla*. **International Journal of Pest Management**, [S. l.], v. 68, p. 1, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2056254> Disponível em: <https://abre.ai/jycX> . Acesso em: 20 abr. 2024.

HAGNER, M. *et al.* Effects of a glyphosate-based herbicide on soil animal trophic groups and associated ecosystem functioning in a northern agricultural field. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 9, p. 8540, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44988-5>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-44988-5>. Acesso em: 22 abr. 2024.

HIRAKURI, M. H. *et al.* **Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69333/1/Doc-335-OL.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Brasília: IBAMA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 20 abr. 2024.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília, **INMET**, c2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/#avisos>. Acesso em: 22 abr. 2024.

JASPER, S. P. *et al.* Management of maize stover with underdoses rates of glyphosate applications in no-tillage. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, p. 543-550, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300016>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqw>. Acesso em: 22 abr. 2024.

KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; BELLING, R. R. **Anuário brasileiro de sementes 2019**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-sementes-2019/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

LOPES, C. M. *et al.* Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9201>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqx>. Acesso em: 21 abr. 2024.

NOVOTNY E. Glyphosate, Roundup and the Failures of Regulatory Assessment. **Toxics**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. 321, 2022. DOI: [10.3390/toxics10060321](https://doi.org/10.3390/toxics10060321). Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9229215/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

OLIVEIRA, A. F. *et al.* Pasture traits and cattle performance in silvopastoral systems with Eucalyptus and *Urochloa*: Systematic review and meta-analysis. **Livestock Science**, [S. l.], v. 262, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104973>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141322001524>. Acesso em: 22 abr. 2024.

OLIVEIRA, M. F.; FERREIRA, W. P. M. **Modificações no desenvolvimento de plantas de milho cultivadas sob palhada seca**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1114909/modificacoes-no-desenvolvimento-de-plantas-de-milho-cultivadas-sob-palhada-dessecada>. Acesso em: 22 abr. 2024.

OLIVEIRA, V. A. V. *et al.* Defoliation heights for palisade grass cv. Marandu in silvopastoral system. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 73, n. 03, p. 665-674, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12253>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqH>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PEDRO JÚNIOR, M. J. Índices climáticos de crescimento para gramíneas forrageiras no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 427-435, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051995000200022>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqF>. Acesso em: 21 abr. 2024.

QUOOS, R. D. *et al.* O efeito do sombreamento sobre características fisiológicas do capim-Marandú adubado ou não com nitrogênio. **Revista Velho Chico**, Bom Jesus da Lapa, v. 01, n. 02, p. 162-177, 2021. Disponível em: <https://abre.ai/jyqM>. Acesso em: 21 abr. 2024.

R CORE TEAM, 2023. A language and Environment for Statistical Computing. Viena: **R Foundation for Statistical Computing**, c2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SANTOS, S. A. *et al.* Influence of shading on the leaf morphoanatomy and tolerance to glyphosate in *Commelina benghalensis* L. and *Cyperus rotundus* L. **Australian Journal of Crop Science**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 135-142, 2015. Disponível em: <https://abre.ai/jyb5> . Acesso em: 21 abr. 2024.

SAROUSI, S. *et al.* Alternative outlets for sustaining photosynthetic electron transport during dark-to-light transitions. **PNAS**, [S. l.], v. 166, n. 123, p. 11518- 11527, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1903185116>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqR>. Acesso em: 22 abr. 2024.

SILVA, M. S. N. *et al.* Restrição luminosa e o manejo químico com glyphosate sob a resposta fisiológica de *Urochloa brizantha*. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 1, p. 6600-6619, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-397>. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/4349>. Acesso em: 22 abr. 2024.

TUFFI SANTOS, L. D. *et al.* Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 22, n. 1, p. 101-107, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000100013>. Disponível em: <https://abre.ai/jypN>. Acesso em: 21 abr. 2024.

VAN BRUGGEN, A. H. C. *et al.* Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 616-617, p. 255-268, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.309>. Disponível em: <https://abre.ai/jyqS>. Acesso em: 21 abr. 2024.

VÁZQUEZ, M. B. *et al.* Effects of glyphosate on soil fungal communities: a field study. **Rev Argent Microbiol.**, v. 53, n. 4, p. 349-358, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2020.10.005>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33551324/>. Acesso em: 22 abr. 2024.

ZHA, T. S. *et al.* Diurnal response of effective quantum yield of PSII photochemistry to irradiance as an indicator of photosynthetic acclimation to stressed environments revealed in a xerophytic species. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 74, p. 191-197, 2017. DOI: [10.1016/j.ecolind.2016.11.027](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.027). Disponível em: <https://abre.ai/jyqT>. Acesso em: 21 abr. 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento sobre a resposta de plantas do gênero *Urochloa* ao herbicida glyphosate, quando cultivadas sob restrição luminosa, em sombreamento artificial ou no sub-bosque de árvores em sistemas integrados de produção agropecuária, é de grande importância para o seu manejo, seja como plantas daninhas, seja como forrageiras para a produção de palhada para plantio direto na palha.

O gênero *Urochloa* é importante por conter as espécies de plantas forrageiras mais cultivadas no Brasil. Os resultados do presente estudo demonstram que o sombreamento interfere na resposta das plantas desse gênero ao glyphosate e que é possível reduzir as doses do herbicida empregadas no seu controle ou para a dessecação para o plantio direto na palha quando cultivadas sob essa condição.

Outro ponto a se destacar nos achados do estudo é a definição de dose para dessecação de *Urochloa ruziziensis* em pleno sol, forrageira largamente utilizada em sistemas integrados de produção, com árvores ou não, e em pleno sol, para a dessecação para plantio direto na palha e para a qual não existe recomendação de dose para dessecação por glyphosate, pelo fabricante.

Além disso, a definição de doses para o controle de genótipos recém-lançados no mercado, fato também elucidado por este estudo, para os quais não existem recomendações de dose para dessecação, seja em pleno sol, seja em sistemas de produção onde o sombreamento está presente, é de grande importância, pois permite a aplicação de tecnologias assertivas nesses materiais, tanto em pleno sol quanto em ambientes sombreados.

Como evidenciado, à medida que se aumentam as doses de glyphosate, ocorre decréscimo tanto da taxa de transporte de elétrons quanto da eficiência quântica do fotossistema II, sendo que as respostas mais pronunciadas são observadas já com as menores doses estudadas, 360 e 720 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate, para *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa brizantha* cv. Marandu, respectivamente; fator este que não é influenciado pela distância em relação às árvores.

Plantas tratadas com glyphosate podem apresentar maior facilidade de decomposição, por sofrerem modificações nos seus componentes estruturais. Contudo, no presente estudo, isso não se confirmou. As maiores quedas na taxa de decomposição foram observadas nas

faixas mais centrais, de maior luminosidade. Já a liberação de CO₂ pelo solo acontece mais próximo das árvores, onde há menor incidência luminosa.

Como visto, para o gênero *Urochloa*, o ajuste assertivo das doses de glyphosate em condições de restrição luminosa pode significar economia de gasto bastante considerável com o herbicida. Tal fato pode reduzir os impactos ambientais ligados ao uso de agrotóxicos, tema em evidência atualmente, além dos gastos financeiros com a atividade agrícola.