

**LARISSA MARTINS MOTA**

**A DISPONIBILIDADE DE LUZ INFLUENCIA O COMPORTAMENTO DO  
GLYPHOSATE EM *Urochloa brizantha* CV. MARANDÚ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

Orientador: Kassio Ferreira Mendes

Coorientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M917d  
2020 Mota, Larissa Martins, 1995-  
A disponibilidade de luz influencia o comportamento do  
glyphosate em *Urochloa brizantha* cv. Marandú / Larissa  
Martins Mota. – Viçosa, MG, 2020.  
56 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Kassio Ferreira Mendes.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Solos - Movimento de herbicidas. 2. Herbicidas.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.  
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 632.954

LARISSA MARTINS MOTA

**A DISPONIBILIDADE DE LUZ INFLUENCIA O COMPORTAMENTO DO  
GLYPHOSATE EM *Urochloa brizantha* CV. MARANDÚ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVADA: 08 de setembro de 2020.

Assentimento:



Larissa Martins Mota  
Autora



Kassio Ferreira Mendes  
Orientador

À minha mãe M<sup>a</sup> Aparecida,  
Ao meu padrasto Vanderlei,  
Às minhas irmãs Cláudia e Helen, e  
Ao meu namorado Braiton.

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ser minha força, minha luz e minha proteção. Por me permitir conhecer pessoas tão especiais durante o período do mestrado.

Aos meus pais, Maria Aparecida e Márcio, pela educação que me proporcionaram, de forma especial à minha mãe por não medir esforços para que eu alcançasse meus objetivos.

Ao meu padrasto Vanderlei pelo apoio e companheirismo com minha mãe quando eu não pude estar presente e as minhas irmãs e sobrinhas, que tanto me querem bem e que eu amo profundamente.

Ao meu namorado Braiton, pelo companheirismo, carinho e apoio diário.

Aos professores Francisco Cláudio Lopes de Freitas e Kassio Ferreira Mendes, por toda orientação, paciência, apoio, oportunidades e confiança depositada em mim.

Ao técnico Luís Henrique Lopes de Freitas, por todo auxílio e orientação.

Ao professor Valdemar Luiz Tornisielo e ao técnico Rodrigo Pimpinato pelo auxílio na condução dos trabalhos desenvolvidos no CENA.

Aos amigos Lucas e Adalin e Elisa, pelos conselhos, orientações e contribuições à minha pesquisa.

A minha amiga Elisa, pelo carinho e companheirismo.

Aos membros da banca Francisco Cláudio Lopes de Freitas, Kassio Ferreira Mendes Miriam Hiroko Inoue e Antônio Alberto da Silva pelas considerações que guiaram à finalização deste trabalho.

Aos amigos do Manejo Integrado de Plantas Daninhas, pela amizade e auxílio nos trabalhos desenvolvidos nesta pesquisa.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Centro de Ciências Agrárias, ao Departamento de Agronomia e ao CENA-USP pela infraestrutura disponibilizada para a condução dos estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que torceram por mim e que de alguma forma contribuiu para a conclusão de mais uma etapa em minha vida, muito obrigada!

## **BIOGRAFIA**

LARISSA MARTINS MOTA, filha de Maria Aparecida Martins e Márcio Mota, nasceu em 23 de janeiro de 1995, no município de Rio Pomba, MG. Em dezembro de 2012, concluiu o ensino médio e em julho de 2018, a graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa - Viçosa – MG. Em agosto do mesmo ano iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em setembro de 2020.

## RESUMO

MOTA, Larissa Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2020. **A disponibilidade de luz influencia o comportamento do glyphosate em *Urochloa brizantha* cv. Marandú.** Orientador: Kassio Ferreira Mendes. Coorientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

Atualmente tem sido comum o uso de aplicação noturnas de glyphosate, todavia, existem poucas informações sobre a viabilidade desse horário de aplicação. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da luz na eficiência de controle, absorção e translocação do glyphosate em *Urochloa brizantha* cv. Marandú, forrageira amplamente utilizada pelos produtores. Foram realizados dois estudos. No estudo de eficiência de controle, foram estudadas sete doses (0, 90, 180, 360, 720, 1.440 e 2.160 g ha<sup>-1</sup>) em plantas submetidas a cinco condições de luz (aplicação diurna, seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro e noturna). No estudo de absorção e translocação avaliou o glyphosate em *U. brizantha* por meio de técnicas radiométricas usando <sup>14</sup>C. Avaliou-se seis condições de luminosidade: aplicação seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro, 72 h de luz, 24 h de escuro + 48 h de luz e diurna e 6 tempos de avaliação aos 3, 6, 12, 24, 48 e 72 h após aplicação (HAA). No experimento de controle da planta, observou-se redução na porcentagem de injúria das plantas que permaneceram 72 h no escuro em relação ao tratamento diurno em todas as doses. Para a maior dose do herbicida (2.160 g ha<sup>-1</sup>) a redução foi de 41, 15 e 3% aos 7, 14 e 21 DAA, respectivamente. Observou-se também, alterações nos valores das doses que proporcionaram 50 e 80% de redução de matéria seca (GR<sub>50</sub> e GR<sub>80</sub>) da rebrota (37 e 28% a menos em relação ao tratamento diurno, respectivamente) para as plantas que ficaram 72 h no escuro. No estudo de absorção e translocação do <sup>14</sup>C-glyphosate, a absorção foi maior para as plantas com menor disponibilidade de luz (48 e 21% para 72 h de escuro e 72 h de luz, às 72 HAA), todavia houve maior translocação para raízes na maior disponibilidade de luz (23 e 5% para 72 h de luz e 72 h de escuro, respectivamente). As plantas em condições de maior disponibilidade de luz absorvem menos <sup>14</sup>C-glyphosate, porém, translocam maior quantidade do produto absorvido. Recomenda-se, portanto, a aplicação do glyphosate em período diurno, pois a luz favoreceu a translocação e o controle da *Urochloa brizantha* cv. Marandú.

**Palavras-chave:** Aplicação noturna. Controle químico. Comportamento na planta. Técnica radiométrica.

## ABSTRACT

MOTA, Larissa Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2020. **The availability of light influences the behavior of glyphosate in *Urochloa brizantha* cv. Marandú.** Adviser: Kassio Ferreira Mendes. Co-adviser: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

Currently it is common to use night application of glyphosate, however, there is little information about the feasibility of this application timing. The objective of this study was to evaluate the light influence on the efficiency control, absorption and translocation of glyphosate in *Urochloa brizantha* cv. Marandú, a forage widely used by producers. Two studies were performed. In the efficiency control was studied seven dosages of the herbicide (0, 90, 180, 360, 720, 1,440 and 2,160 g ha<sup>-1</sup>) in plants subjected to daytime application, followed by 24, 48 or 72 h in the dark and at night. In the absorption and translocation study was evaluated the glyphosate in *U. brizantha* using radiometric techniques using <sup>14</sup>C. Six light conditions were studied: application followed by 24, 48 or 72 h of dark, 72 h of light, 24 h of dark + 48 h of light and daytime and six evaluation times: 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 h after application of <sup>14</sup>C-glyphosate. In the plant control experiment, there was a reduction in injury to plants that remained 72 h in the dark in relation to daytime treatment at all doses. For the highest dose of the herbicide (2,160 g ha<sup>-1</sup>) the reduction was 41, 15 and 3% at 7, 14 and 21 DAA, respectively. It was also observed changes in the GR<sub>50</sub> and GR<sub>80</sub> values of regrowth (37 and 28% less than daytime treatment) for plants that were 72 h in the dark. In the study of absorption and translocation of <sup>14</sup>C-glyphosate, was higher for plants with less light availability at 72 HAA (48 and 21% for 72h of darkness and 72h of light, respectively), however, there was a greater translocation of <sup>14</sup>C-glyphosate to roots in the greatest availability of light (23 and 5% for 72 h of light and 72 h of dark, respectively). Thus, *U. brizantha* plants, under conditions of greater light availability, absorbed less <sup>14</sup>C-glyphosate, but, in this condition they translocated the absorbed product in greater quantity. It's recommended to producers to apply glyphosate at daytime, once the light positively favored translocation, which is essential to the herbicide activity.

**Keywords:** Nocturnal application. Chemical control. Plant behavior. Radiometric technique.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12
RESUMO .....	15
ABSTRACT .....	16
INTRODUÇÃO .....	17
MATERIAL E MÉTODOS .....	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
CONCLUSÕES .....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
RESUMO .....	33
ABSTRACT .....	34
INTRODUÇÃO .....	35
MATERIAL E MÉTODOS .....	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
CONCLUSÕES .....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	56

## INTRODUÇÃO GERAL

As gramíneas do gênero *Urochloa* são consideradas as principais opções na formação de palhada para o sistema de plantio direto, devido à alta relação C/N em sua composição, associada com grandes concentrações de lignina, o que prolonga seu período de decomposição e aumenta a produção de matéria seca (NEPOMUCENO et al., 2012).

Esse gênero *Urochloa* possui cerca de 100 espécies, das quais a maior parte se concentra no continente africano (CAMARÃO et al., 2005; VALLE et al., 2009). No Brasil, o gênero *Urochloa* ocupa a maior proporção das áreas de pastagens quando comparada aos demais gêneros (COSTA et al., 2007).

A *Urochloa brizantha* cv. Marandú é uma forrageira cespitosa, bastante robusta, de 1,5 a 2,5 m de altura, com colmos iniciais prostrados, que após estabelecida produz perfilhos predominantemente eretos, com nós salientes e bainhas pilosas na base. Tolerante a solos ácidos, altos níveis de alumínio tóxico e à seca; apresenta boa capacidade de rebrota e tem resistência à algumas cigarrinhas das pastagens (*Deois incompleta* e *Notozulia* spp.) (CAMARÃO et al., 2005; SOUZA, 2018).

Essa espécie é bastante utilizada como planta de cobertura do solo, assim, ao iniciar o cultivo de outras espécies na área é necessário realizar a dessecação da *Urochloa*. A dessecação das plantas utilizadas como cobertura é um dos fatores mais importantes para o sucesso do estabelecimento de culturas graníferas. A ocorrência de falhas neste processo pode ocasionar menor eficiência e rendimento da semeadora, devido à dificuldade de corte da palhada, causando desuniformidade no estande da cultura (COSTA et al., 2014). Além disso, uma dessecação eficiente favorece um desenvolvimento inicial da cultura livre de interferências por plantas daninhas.

Para a dessecação das coberturas vegetais, um dos herbicidas mais utilizados é o glyphosate (TIMOSSI et al., 2016). O glyphosate é um produto não seletivo que inibe a ação da enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase (EPSPs), interrompendo a síntese de aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. Logo após a aplicação, as plantas tratadas com glyphosate param de crescer. E a enzima EPSPs que é sintetizada no citoplasma passa a ser transportada para dentro do cloroplasto onde atua. Alguns autores supõem que a simples redução de aminoácidos e a acumulação de chiquimato não seriam suficientes para a ação herbicida; acreditam que a desregulação da rota do ácido chiquímico resulta na perda de carbonos disponíveis para outras reações celulares, pois a fenilalanina, tirosina e triptofano são precursores da maioria dos compostos aromáticos nas plantas (SILVA et al., 2007; OLIVEIRA JR. et al., 2011).

A absorção do glyphosate pela planta envolve rápida penetração inicial por meio da cutícula, seguida por uma absorção simplástica lenta. A duração desse processo pode depender de vários fatores, como espécie e estágio de desenvolvimento da planta, condições ambientais e concentração do herbicida na calda (FERREIRA et al., 2006; MARTINS et al., 2009; VIDAL et al., 2014). Assim, os sintomas podem desenvolver-se aos poucos, com aparecimento de clorose e necrose, podendo levar à morte da planta em alguns dias ou semanas (MONQUERO et al., 2004).

Uma vez absorvido, é necessária a translocação do herbicida por meio de tecidos vasculares. Alguns estudos indicaram que o glyphosate segue a mesma rota dos produtos da fotossíntese (açúcares), indo das folhas fotossinteticamente ativas em direção às partes das plantas que utilizam estes açúcares, estabelecendo-se uma relação de fonte e dreno (YAMADA e CASTRO, 2007; GALON et al., 2013).

Ainda assim, para que se alcance a absorção e translocação eficientes do herbicida pela planta, a aplicação deve ser realizada levando em considerações inúmeros fatores que influenciam a dinâmica do produto. De forma geral, existem muitos fatores que afetam o sucesso de controle de uma planta por herbicidas.

As condições meteorológicas ideais para as aplicações de herbicidas são estabelecidas como temperatura abaixo de 30°C, umidade relativa acima de 55% e velocidade do vento entre 3 e 12 km h<sup>-1</sup> (CUNHA et al., 2016). Nesse sentido, o início da manhã e final da tarde são períodos comumente relatados como mais propícios para a aplicação, em que a umidade relativa do ar é mais elevada e a temperatura do ar é menor (MACIEL et al., 2016). Elevada atividade do glyphosate sob alta umidade relativa do ar pode favorecer sua absorção pelas plantas e intensificar sua translocação, auxiliando na eficácia do glyphosate no controle de diversas espécies vegetais (VIDAL et al., 2014).

Os fatores ambientais, como temperatura do ar, luz solar e teores de umidade no solo e na planta também influenciam a atividade dos herbicidas. A temperatura, por exemplo, pode influenciar na abertura estomática, podendo aumentar ou diminuir o transporte de solutos na planta. Altas temperaturas podem melhorar a absorção do herbicida por provocar maior fluidez dos lipídios da camada cuticular e da membrana celular. Entretanto, também podem apresentar efeitos negativos devido a maior rapidez do secamento da gota pulverizada, provocando a cristalização do herbicida na superfície foliar (SILVA et al., 2007).

Por haver tantos aspectos que influenciam o sucesso do controle químico têm sido realizados diversos estudos a fim de ampliar o conhecimento do comportamento dos

herbicidas, a fim de se fazer recomendações mais seguras, com uso de menores doses para um nível de controle satisfatório.

Um método muito utilizado por pesquisadores na ciência das plantas daninhas é o uso de herbicidas radiomarcados com  $^{14}\text{C}$  para estudar a absorção, translocação e metabolismo nas plantas. Esse método radiométrico é quantitativo ou qualitativo, permitindo associar o mecanismo de resistência de herbicidas ao local não alvo, com absorção reduzida, translocação diferencial ou metabolismo acelerado nas plantas daninhas (MENDES et al., 2017).

Para mensurar a translocação do herbicida nas plantas é comumente usada a oxidação biológica, em que as amostras de plantas secas tratadas com radioatividade são queimadas na presença de  $\text{O}_2$  e o  $^{14}\text{CO}_2$  resultante é capturado em um solvente especial (solução cintiladora) e a radioatividade é medida por contagem (espectrômetro) de cintilação líquida (NANDULA e VENCILL, 2015).

A técnica de espectrometria de cintilação líquida é considerada adequada para determinar a radiação com baixo poder de penetração, como a radiação do tipo  $\beta$ , emitida pelo  $^{14}\text{C}$ , pois apresenta sensibilidade e reprodutibilidade adequadas. Para a cintilação líquida, a amostra radioativa é incorporada a uma solução cintiladora, que emite fótons como resultado da interação entre as partículas  $\beta$  e as moléculas do solvente da solução cintiladora. Fótons de luz produzidos são capturados por válvulas fotomultiplicadoras e convertidos em pulsos elétricos. A contagem desses pulsos elétricos corresponde à contagem das radiações emitidas pela amostra (MENDES et al., 2017).

O estudo de translocação de herbicidas é um processo demorado, pois precisa ser realizado alguns dias após o tratamento. Por esse motivo, para avaliar a translocação, o conhecimento prévio deve ser considerado para determinar os tempos após o tratamento em que essa variável deve ser avaliada (NANDULA e VENCILL, 2015). O estudo de Monqueiro et al. (2004) mostra que a translocação do glyphosate ocorre por até 72 h após a aplicação, exibindo a penetração de 93,5% de glyphosate em *Amaranthus hybridus* após este período. Na pesquisa de Marchesi (2016), analisando o teor de glyphosate em *Conyza canadenses*, o autor mostrou que as folhas não tratadas com o glyphosate apresentava o produto após 48 h da aplicação do herbicida, todavia, de 48 para 96 h após aplicação não houve aumento na translocação. Diversos estudos abordam efeitos do glyphosate no controle de *Urochloa brizhanta* cv. Marandú em diferentes estágios de crescimento (Silva et al., 2006; Santos et al 2007; Santos et al., 2008; Dan et al., 2009), todavia, a absorção e translocação do herbicida ainda não foi amplamente discutida nessa espécie.

Para o estudo da translocação, se utiliza a autorradiografia, uma imagem produzida em um filme fotográfico após a sua exposição a compostos radioativos, nesse caso o  $^{14}\text{C}$ -herbicida, por um determinado período de tempo. A autorradiografia oferece uma medição qualitativa e a localização do movimento do herbicida na planta (NANDULA e VENCILL, 2015; KLEINMAN e RUBIN, 2017).

Dessa forma, o estudo do horário de aplicação, bem como da absorção e translocação do glyphosate auxiliarão no entendimento do comportamento do herbicida na planta. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da luz solar na eficiência, absorção e translocação do glyphosate em *Urochloa brizantha* cv. Marandú.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARÃO, A. P.; FILHO, A. D. S. S. **Limitações e potencialidades do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. marandú (A. Rich) Stapf.) para a Amazônia.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2005. 52 p.
- COSTA, K. A. D. P.; OLIVEIRA, I. P. D.; FAQUIN, V.; NEVES, B. P. D.; RODRIGUES, C.; SAMPAIO, F. D. M. T. Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1197-1202, 2007.
- COSTA, N. V.; PERES, E. J. L.; RITTER, L.; SILVA, P. V. Doses de glyphosate na dessecação de *Urochloa ruziziensis* antecedendo o plantio do milho. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 2, p. 117-125, 2014.
- CUNHA, J. P. A. R.; PEREIRA, J. N. P.; BARBOSA, L. A.; SILVA, C. R. Pesticide application windows in the region of Uberlândia-MG. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 2, p. 403-411, 2016.
- DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; SOUZA, C. H. Efeito do pH da calda de pulverização na dessecação de braquiária brizanta com o herbicida glyphosate. **Global Science and Technology**, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2009.
- FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; OLIVEIRA, J. A.; VARGAS, L. Translocação do glyphosate em biótipos de azevém. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 365-370, 2006.
- GALON, L.; FERREIRA, E. A.; ASPIAZÚ, I.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Glyphosate translocation in herbicide tolerant plants. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 193-201, 2013.

- KLEINMAN, Z.; RUBIN, B. Non-target-site glyphosate resistance in *Conyza bonariensis* is based on modified subcellular distribution of the herbicide. **Pest Management Science**, v. 73, n. 1, p. 246-253, 2017.
- MACIEL, C. D. G.; IUCHEMIN, C. E. L.; SOUZA, M. V.; SILVA, A. A. P.; KARPINSKI, R. A. K.; HELVIG, E. O.; MATIAS, J. P. Eficiência de controle de cipó-de-veado por glyphosate e glyphosate+2,4-D em diferentes horários de aplicação. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 4, p. 380-387, 2016.
- MARCHESI, B. B. **Efeitos de formulações e intervalos sem chuva na absorção, translocação e eficácia de glyphosate e 2,4-D**. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2016.
- MARTINS, D.; CARBONARI, C. A.; TERRA, M. A.; MARCHI, S. R. The effect of adjuvants on glyphosate absorption and translocation in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 155-163, 2009.
- MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods**. 3<sup>rd</sup> ed. London: Willey-Blackwell, 2000. 448 p.
- MENDES, K. F.; MARTINS, B. A. B.; REIS, F. C.; DIAS, A. C. R.; TORNISIELO, V. L. Methodologies to study the behavior of herbicides on plants and the soil using radioisotopes. **Planta Daninha**, v. 35, p. e017154232, 2017.
- MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OSUNA, M. D.; PRADO, R. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.
- NANDULA, V. K.; VENCILL, W. K. Herbicide absorption and translocation in plants using radioisotopes. **Weed Science**, v. 63, n. 1, p. 140-151, 2015.
- NEPOMUCENO, M. P.; VARELA, R. M.; ALVES, P. L. C. A.; MARTINS, J. V. F. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo no rendimento da soja RR. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 557-565, 2012.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, Brasil: Omnipax, 2011. 362 p.
- SANTOS, M. V.; FERREIRA, F. A.; FREITAS, F. C. L.; TUFFI SANTOS, L. D.; VIANA, J. M.; ROCHA, D. C. C.; FIALHO, C. M. T. Controle de *Brachiaria brizantha*, com uso do glyphosate, na formação de pastagem de Tifton 85 (*Cynodon* spp.). **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 149-155, 2007.
- SANTOS, M.V.; FERREIRA, F.A.; FREITAS, F.C.L.; IKEDA, A.K.; OLIVEIRA, F.L.R.; ROCHA, D.C.C.; LIMA, J.G.; SILVA, F.N.A.; ASSIS, F.G.V.

- Tolerância do Tifton 85 (*Cynodon* spp.) e da *Brachiaria brizantha* ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 353-360, 2008.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.
- SILVA, A. C.; SANTOS, J. B.; KASUYA, M. C. M.; SILVA, A. A.; MANABE, A. Micorrização e épocas de dessecação de *Brachiaria brizantha* no desenvolvimento da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 271-277, 2006.
- SOUZA, J. A. S. **Produção de gramíneas forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrus* nas condições edafoclimáticas de Manaus, AM**. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.
- TIMOSSI, P. C.; ALMEIDA, D. P.; RAMOS, A. R.; FELISBERTO, P. A. C.; LIMA, S. F.; SILVA, U. R. Glyphosate effectiveness in the burndown of signalgrass at two levels of biomass. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 4, p. 313-322, 2016.
- VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.
- VIDAL, R. A.; JUNIOR, F. P.; FIPKE, M. V.; QUEIROZ, A. R. S.; BITTENCOURT, H. V. H.; TREZZI, M. M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de glifosato: síntese do conhecimento. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 24, p. 43-52, 2014.
- YAMADA, T.; CASTRO, P. D. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agrônômicas. **Informações Agronômicas**, v. 119, p. 1-32, 2007.

## RESUMO

MOTA, Larissa Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2020. **Controle de *Urochloa brizantha* cv. Marandú pelo glyphosate e sua interação com a disponibilidade de luz.** Orientador: Kassio Ferreira Mendes. Coorientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

O uso do glyphosate na dessecação de *Urochloa brizantha* é uma prática comum, todavia, ainda não se sabe, com clareza, o efeito da aplicação noturna nessa espécie. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da luz na eficiência do glyphosate no controle de *Urochloa brizantha* cv. Marandú. Estudou-se sete doses do herbicida (0, 90, 180, 360, 720, 1.440 e 2.160 g ha<sup>-1</sup>) em plantas submetidas à aplicação diurna, seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro e noturna. Determinou-se o acúmulo de matéria seca de *U. brizantha*, a avaliação visual de injúrias, as doses que proporcionaram 50 e 80% de controle (C<sub>50</sub> e C<sub>80</sub>) e as doses que proporcionaram 50 e 80% de redução de matéria seca (GR<sub>50</sub> e GR<sub>80</sub>) aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação e aos 30 dias após o corte. O controle satisfatório (>80%) e a ausência de rebrotas foi estabelecido a partir de 1.440 g ha<sup>-1</sup> em todos tratamentos. Todavia, observou-se redução de injúria das plantas que permaneceram 72 h no escuro em relação ao tratamento diurno em todas as doses. Para a maior dose do glyphosate (2.160 g ha<sup>-1</sup>) a redução foi de 41, 15 e 3%; para a dose de 1.440 g ha<sup>-1</sup> a redução foi de 37, 16 e 6%, aos 7, 14 e 21 DAA, respectivamente. Observou-se também, alterações nos valores de GR<sub>50</sub> e GR<sub>80</sub> da rebrota (37 e 28% a menos em relação ao tratamento diurno) para as plantas que ficaram 72 h no escuro. Dessa forma, conclui-se que existe influência da luz no comportamento do glyphosate, não devendo, portanto, aplicar este herbicida no período noturno para o controle de *U. brizantha*.

**Palavras-chave:** Nível de injúria. Redução de matéria seca. Aplicação noturna. Rebrotas

## ABSTRACT

MOTA, Larissa Martins, M.Sc., Federal University of Viçosa, September, 2020. ***Urochloa brizantha* cv. Marandú control by glyphosate and its interaction with light disponibility.** Advisor Professor: Kassio Ferreira Mendes. Co-advisor: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

The use of glyphosate in the desiccation of *Urochloa brizantha* is a common practice, however, it's not known, clearly, the effect of nocturnal application on this species. This way, the objective of this study was to evaluate the light influence on the efficiency of glyphosate at *Urochloa brizantha* cv. Marandú control. It was studied seven dosages of the herbicide (0, 90, 180, 360, 720, 1,440 and 2,160 g ha<sup>-1</sup>) in plants subjected to daytime application, followed by 24, 48 or 72 h in the dark and at night. It was determined the dry matter accumulation of *U. brizantha*, the visual assessment of injuries, the doses that provided 50 and 80% control (C<sub>50</sub> and C<sub>80</sub>) and the doses that provided 50 and 80% of reduction in dry matter (GR<sub>50</sub> and GR<sub>80</sub>) at 7, 14, 21, 28 days after application and at 30 days after cutting. The satisfactory control (> 80%) and the absence of regrowth was established from 1,440 g ha<sup>-1</sup> in all treatments. However, there was a reduction in injury to plants that remained 72 h in the dark in relation to daytime treatment at all doses. For the highest dose of glyphosate (2,160 g ha<sup>-1</sup>) the reduction was 41, 15 and 3%; for the dose of 1,440 g ha<sup>-1</sup> the reduction was 37, 16 and 6%, at 7, 14 and 21 DAA, respectively. It was also observed changes in the GR<sub>50</sub> and GR<sub>80</sub> values of regrowth (37 and 28% less than daytime treatment) for plants that were 72 h in the dark. So, it is concluded that there is an influence of light on glyphosate behavior, and it should not, therefore, applying this herbicide at nighttime to *U. brizantha* control.

**Keywords:** Injury level. Dry matter reduction. Nighttime application. Regrowth.

## INTRODUÇÃO

As condições ambientais no momento da aplicação de um herbicida influenciam em diversas etapas da interação herbicida-planta, destacando-se a interceptação, absorção e translocação do produto pela planta, podendo ter efeito positivo ou negativo nessas interações (CIESLIK et al. 2013; ALMEIDA, 2020). Por isso, a aplicação de herbicidas no período da noite tem sido uma prática comum a alguns produtores, por possibilitar condições que favorecem a aplicação, como temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar.

Um dos herbicidas bastante utilizado em períodos noturnos é o glyphosate. Todavia, ainda existem dúvidas sobre a real eficácia desse produto nesse horário de aplicação. Diversos estudos foram realizados tentando estabelecer um melhor horário de aplicação para o glyphosate (MARTINSON et al., 2002; WALTZ et al., 2004; MOHR et al., 2007; SANTOS JR. et al., 2013). Todavia, a razão pelo qual o horário de aplicação interfere na eficácia de controle das plantas pelo glyphosate ainda não foi esclarecida.

É sabido que para apresentar efeito herbicida satisfatório o produto deve penetrar na planta e ser translocado para os locais-alvo (SATICHIVI et al., 2000). Assim, considerando que o glyphosate se movimenta também via floema e seguindo a rota dos produtos da fotossíntese, fatores que afetem a capacidade fotossintética, a absorção, translocação e metabolismo do herbicida podem afetar também a sensibilidade de uma planta ao herbicida (MONQUERO, 2004; GALON et al., 2013).

Dessa forma, fatores como disponibilidade de luz solar, que afetam diretamente a fotossíntese e a quantidade de açúcar translocado na planta, influenciam também o movimento do herbicida. Portanto, condições que favoreçam a fotossíntese também podem auxiliar no comportamento do glyphosate (DELLA-CIOPPA et al., 1986; ROMAN et al., 2007).

Um dos usos mais comuns do glyphosate é na dessecação de plantas de cobertura ou da vegetação espontânea para posterior semeadura da cultura. Plantas pertencentes ao gênero *Urochloa* são muito utilizadas como cobertura do solo e são consideradas excelentes forrageiras tropicais (FREITAS et al., 2005). Essas plantas são controladas eficientemente em poucos dias após a aplicação do glyphosate, se mostrando adequadas para formação de palhada para o sistema de plantio direto, proporcionando maior intervalo para o cultivo das culturas (BORGHI et al., 2008; SILVA et al., 2013).

Assim, sabe-se que o glyphosate é um herbicida eficaz e amplamente utilizado pelos produtores no manejo de plantas do gênero *Urochloa* e de diversas outras plantas

daninhas. Porém, além do uso frequente do glyphosate nas propriedades agrícolas durante o dia, tem-se aumentado o número de pulverizações no período noturno na produção em larga escala. Essa forma de aplicação tem sido utilizada devido ao menor número de adversidades climáticas; as temperaturas são amenas, a umidade relativa do ar é alta e as rajadas de vento menos frequentes; a noite, o tempo de vida das gotas da pulverização é maior, pois elas sofrem menos perdas por evaporação e não são levadas pelo vento (CUNHA et al., 2016; MORAES, 2019).

Todavia, não se sabe exatamente o nível de influência das aplicações noturnas na dinâmica do glyphosate dentro das plantas. Dessa forma, a influência de fatores como a irradiância, que tem papel fundamental na rota metabólica de alguns produtos e que está ausente no período noturno, ainda não é conhecida. É importante entender o papel da luz solar na atividade deste herbicida para auxiliar o produtor na escolha do melhor horário de pulverização. Por isso, o objetivo desse estudo foi determinar a eficiência do glyphosate no controle da *Urochloa brizantha* cv. Marandú por meio de curvas de dose-resposta em função da disponibilidade de luz solar.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brasil. As sementes de *Urochloa brizantha* cv. Marandú foram semeadas em bandejas de polietileno de 200 células contendo substrato comercial Tropstrato HT® (casca de pinus, vermiculita, PG mix 14.16.18, nitrato de potássio, superfosfato simples e turfa). Foram distribuídas três sementes por célula a fim de evitar falhas de germinação, e posteriormente realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por célula. Quinze dias após o plantio realizou-se uma adubação com 8 g L<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e 3 g L<sup>-1</sup> de fosfato monopotássico, 60 mL por bandeja. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação sob irrigação por microaspersão.

Realizou-se o transplantio das mudas para vasos de 6 dm<sup>3</sup> preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo da região de Viçosa, corrigido e adubado conforme a análise de solo e recomendação para *Urochloa*, 30 dias após o plantio nas bandejas. As propriedades físico-químicas do solo (textura argilosa) utilizado neste estudo estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Propriedades físico-químicas do solo utilizado neste estudo.

MO	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+ Al	Areia	Silte	Argila
dag/kg	(H <sub>2</sub> O)	mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				%	
2,42	5,8	56,58	150	2,82	0,72	0,0	0,66	42	18	40

MO = matéria orgânica; pH = potencial hidrogeniônico (acidez ativa); P = fósforo; K = potássio; Ca<sup>2+</sup> = cálcio; Mg<sup>2+</sup> = magnésio; Al<sup>3+</sup> = alumínio; H+ Al= acidez trocável

Fonte: Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG.

Os vasos ficaram na casa de vegetação, em que se realizou uma poda e mais uma adubação com 3 g L<sup>-1</sup> de fosfato monopotássico e 8 g L<sup>-1</sup> de sulfato de amônia, 70 mL por vaso. Posteriormente as plantas foram deixadas a céu aberto por aproximadamente 70 dias, para aclimatação e rustificação da espécie. Duas adubações foram realizadas neste período. Na primeira, cada vaso recebeu 100 mL da solução nutritiva. E na segunda adubação cada planta recebeu 10 g de formulado NPK 20-05-20.

Avaliou-se sete doses de glyphosate (0, 90, 180, 360, 720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha<sup>-1</sup>) e cinco disponibilidades de luz em relação à pulverização do glyphosate: aplicação diurna, em que as plantas foram pulverizadas com o glyphosate no período diurno; aplicação seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro, em que as plantas foram pulverizadas com o glyphosate e posteriormente foram submetidas ao escuro nos distintos períodos; aplicação noturna, em que plantas foram pulverizadas com o glyphosate no período noturno.

Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial 7 x 5 (doses e condições de luz), no delineamento inteiramente casualizados com quatro repetições, foi utilizado, portanto, 140 vasos contendo a *U. brizantha*, em que cada unidade experimental foi composta por uma planta.

Para a aplicação do herbicida foi utilizado um pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub> com pressão constante, munido de barra com duas pontas tipo leque TTI 11002, espaçados de 0,5 m entre si, 250 kPa de pressão e volume de calda correspondente a 142 L ha<sup>-1</sup>. A barra de pulverização foi mantida a uma altura de 50 cm das plantas. No momento da aplicação diurna a temperatura foi de 22,3 °C, a umidade relativa do ar foi de 73% e a velocidade do vento foi de 4,5 Km h<sup>-1</sup>; durante a aplicação noturna a temperatura ambiente foi de 21,5 °C, a umidade relativa do ar foi de 78% e a velocidade do vento foi de 1,2 Km h<sup>-1</sup>.

Para simular o escuro, as plantas já tratadas com o herbicida foram colocadas em ambiente fechado, revestido com lona plástica preta, a fim de se evitar a entrada de

qualquer luminosidade. Os vasos permaneceram neste ambiente por 24, 48 e 72 h, e posteriormente foram retirados e levados novamente a céu aberto em condições normais de luminosidade, onde permaneceram até o fim das avaliações.

A porcentagem de injúria nas plantas foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) do glyphosate. O nível de injúria foi quantificado por meio de avaliação visual, atribuindo notas em relação ao tratamento controle, sem aplicação do herbicida, sendo considerada 0% a ausência de sintomas e 100% a morte total da planta (SBCPD, 1995). Para verificação da capacidade de rebrota da planta foi realizada uma poda aos 30 DAA e a última avaliação visual foi realizada 30 dias após a poda das plantas.

Além disso determinou-se o acúmulo de matéria seca das plantas. Para isso, as plantas foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel e colocadas em uma estufa (FANEM, modelo 320-SE, São Paulo, Brasil) com circulação de ar forçada ( $65 \pm 3$  °C) até atingir a massa constante. Posteriormente, com auxílio de balança de precisão (SHIMADZU, modelo AY220) foi determinado a massa da matéria seca da parte aérea. A massa da matéria seca foi corrigida para valores percentuais, considerando a massa das plantas que não receberam o herbicida, como 100% de biomassa.

Os dados foram analisados por meio do teste F da análise da variância (ANOVA), efetuadas no *software* R<sup>®</sup>, versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019), com o objetivo de verificar a significância da interação fatorial. Quando significativos, os dados foram analisados com o auxílio de regressões não lineares do tipo log-logístico usando o *software* SigmaPlot<sup>®</sup> (versão 12.5 para Windows, Systat Software Inc., Point Richmond, CA, EUA).

A variável nível de injúria de controle foi ajustada ao modelo proposto por Streibig et al. (1988) conforme a equação 1:

$$y = \frac{a}{[1 + (\frac{x}{b})^c]} \quad (1)$$

Em que:  $y$  = porcentagem de controle;  $x$  = dose do herbicida; e  $a$ ,  $b$  e  $c$  = parâmetros da curva, de modo que  $a$  é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva,  $b$  é a dose do herbicida que proporciona 50% de resposta da variável e  $c$  é a declividade da curva.

Para a variável matéria seca, adotou-se o modelo proposto por Seefeldt et al. (1995), conforme a equação 2.

$$y = a + \frac{b}{[1+(\frac{x}{c})^d]} \quad (2)$$

Em que:  $y$  = porcentagem residual da massa seca;  $x$  = dose do herbicida;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  = parâmetros da curva, de modo que  $a$  é o limite inferior da curva,  $b$  é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva,  $c$  é a dose do herbicida que proporciona 50% de resposta da variável e  $d$  é a declividade da curva.

Além disso, pelo ajuste da equação de regressão, normalizou-se o cálculo da dose do herbicida que proporcionou 50 e 80% de controle ( $C_{50}$  e  $C_{80}$ , respectivamente) ou 50 e 80% de redução de matéria seca ( $GR_{50}$  e  $GR_{80}$ , respectivamente) das plantas. Para isso, conforme proposto por Carvalho et al. (2005), optou-se pela inversão do modelo log-logístico, deixando-o em função de  $y$ . Assim, por meio da equação 3 foi possível determinar a  $C_{50}$  ou  $C_{80}$  e por meio da equação 4 determinar a  $GR_{50}$  ou  $GR_{80}$ , substituindo  $y$  pelos valores 50 ou 80, respectivamente:

$$x = b * \sqrt[c]{\frac{a}{y} - 1} \quad (3)$$

$$x = c * \sqrt[d]{\frac{b}{y-a} - 1} \quad (4)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação fatorial entre a disponibilidade de luz solar e nível de injúria foi significativa aos 7 DAA ( $F= 11,32, p < 0,05$ ), 14 DAA ( $F= 4,12, p < 0,05$ ) e 21 DAA ( $F= 3,76, p < 0,05$ ) para nível de injúria. No entanto, aos 28 DAA não foi observada interação significativa entre os fatores ( $F= 1,62, p > 0,05$ ). Para a variável matéria seca (rebrotada) das plantas houve interação significativa ( $F= 5,17, p < 0,05$ ) entre disponibilidade de luz solar e matéria seca.

De maneira geral, para todas as condições de luminosidade as respostas no nível de injúria variaram de forma crescente com o aumento da dose do herbicida. Neste estudo, os sintomas nas plantas se desenvolveram lentamente, conforme descrito a seguir. Os sintomas de injúrias nas plantas causado pelo glyphosate são aparentes a partir do terceiro

ao quinto dia após o tratamento; inicialmente ocorre clorose do tecido meristemático e o crescimento da planta é paralisado, em seguida, ocorre necrose progressiva do tecido novo para o velho (MARCHI et al., 2008). As gramíneas expostas a doses subletais de glyphosate exibem uma banda clorótica por meio das folhas no verticilo da planta (PETERSON et al., 2001).

Na primeira avaliação (aos 7 DAA), ainda não foi possível observar nível de injúria na *U. brizantha* acima de 80% [considerado “muito bom” na escala da ALAM (1974)] em nenhum dos tratamentos, e os valores máximos foram 74% e 72% para a maior dose de glyphosate (2.160 g ha<sup>-1</sup>) nos tratamentos com aplicação diurna e noturna, respectivamente (Figura 1). As plantas que permaneceram sob escuro por 72 h apresentaram baixo nível de injúria para todas as doses, e mesmo na maior dose (2.160 g ha<sup>-1</sup>) de glyphosate o controle das plantas foi de apenas 33% (Figura 1).

Aos 14 DAA, os sintomas causados pelo herbicida aumentaram em todos os tratamentos. No entanto, ainda foi possível notar diferenças; as plantas submetidas a 48 e 72 h de escuro, mesmo na dose de 2.160 g ha<sup>-1</sup>, ainda não atingiram 80% no nível de injúria (Figura 1).

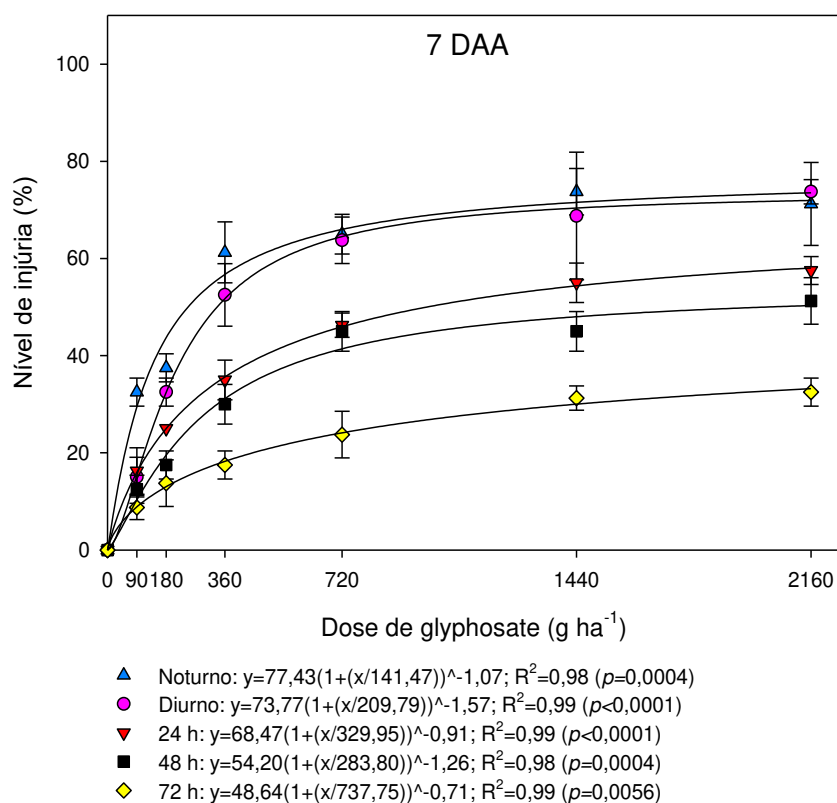
Aos 21 DAA, a diferença de controle entre os tratamentos se reduziu, contudo, ainda foi possível notar que as plantas que ficaram 72 h no escuro ainda diferem dos demais tratamentos, apresentando valores inferiores de controle. Em todos os outros tratamentos o nível de injúria ultrapassou 60% na dose 360 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate, mas nesta mesma dose, as plantas que ficaram no escuro por 72 h apresentavam apenas 46% de injúria. No entanto, a partir de 1.440 g ha<sup>-1</sup> do herbicida, as plantas apresentavam mais de 80% de injúria, assim como em todos os outros tratamentos (Figura 1).

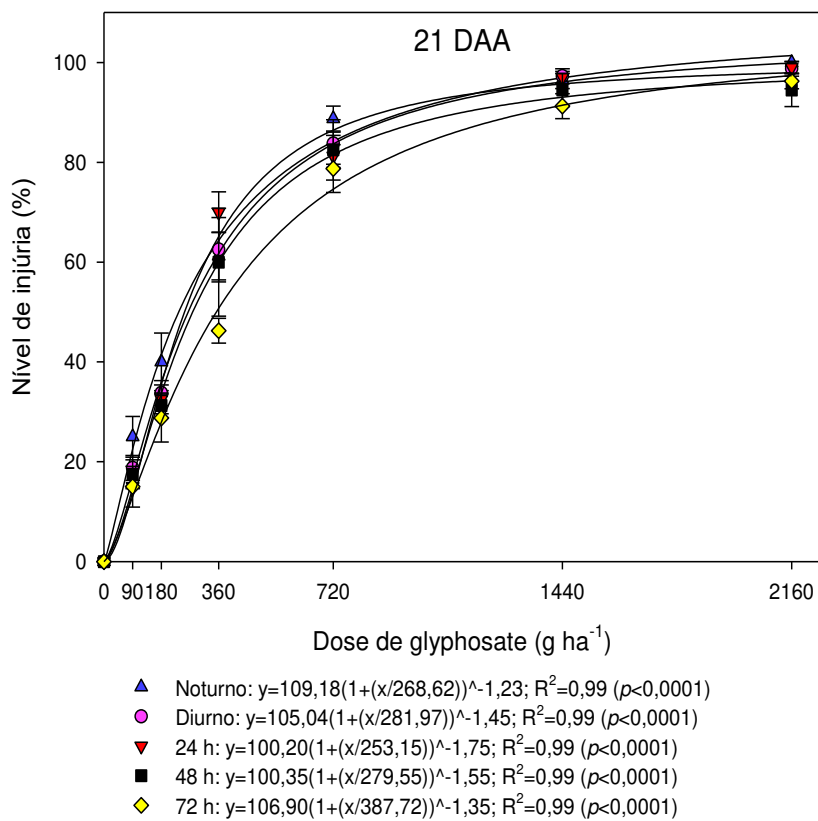
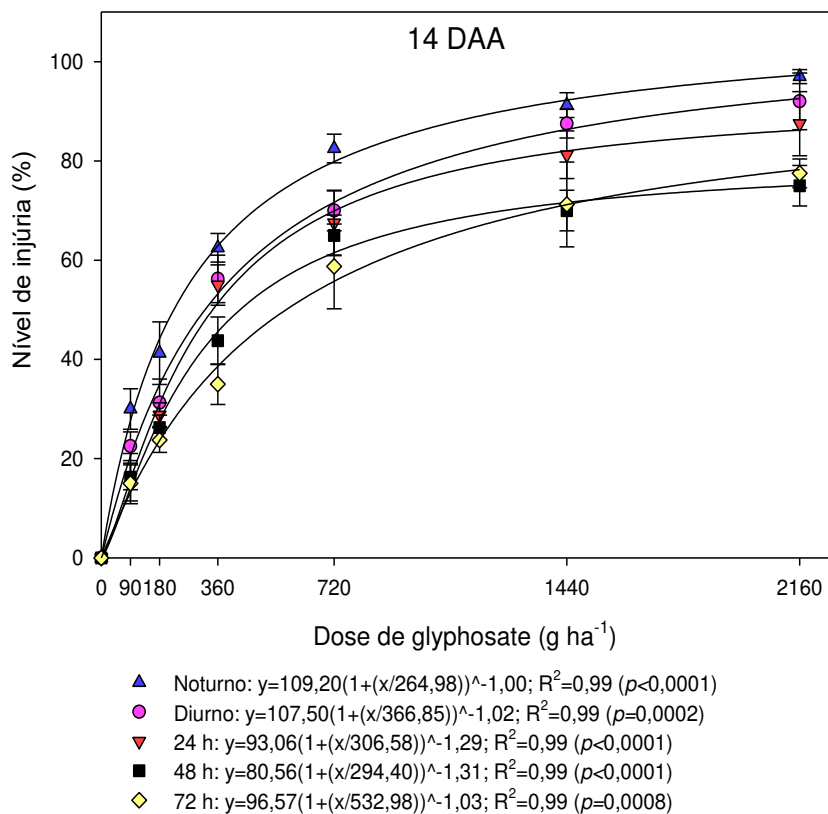
Nos resultados da última avaliação (aos 28 DAA) foi possível observar que os cinco tratamentos possuem comportamento muito similar (Figura 1). Verificou-se controle acima de 80% das plantas de *U. brizantha* nas doses 720, 1.440 e 2.160 g ha<sup>-1</sup> para todas as condições de luminosidade. Na pesquisa de Silva et al. (2013), a *Urochloa brizhanta*, que foi semeada à lanço no campo e pulverizada aos 230 dias após a semeadura, ao final de 28 DAA apresentou, para as doses 720, 1.440 e 2.160 g ha<sup>-1</sup>, 50; 62,5 e 81,2 % de controle, respectivamente. Assim, é importante ressaltar que a sensibilidade das plantas de cobertura ao glyphosate varia conforme o estágio de desenvolvimento.

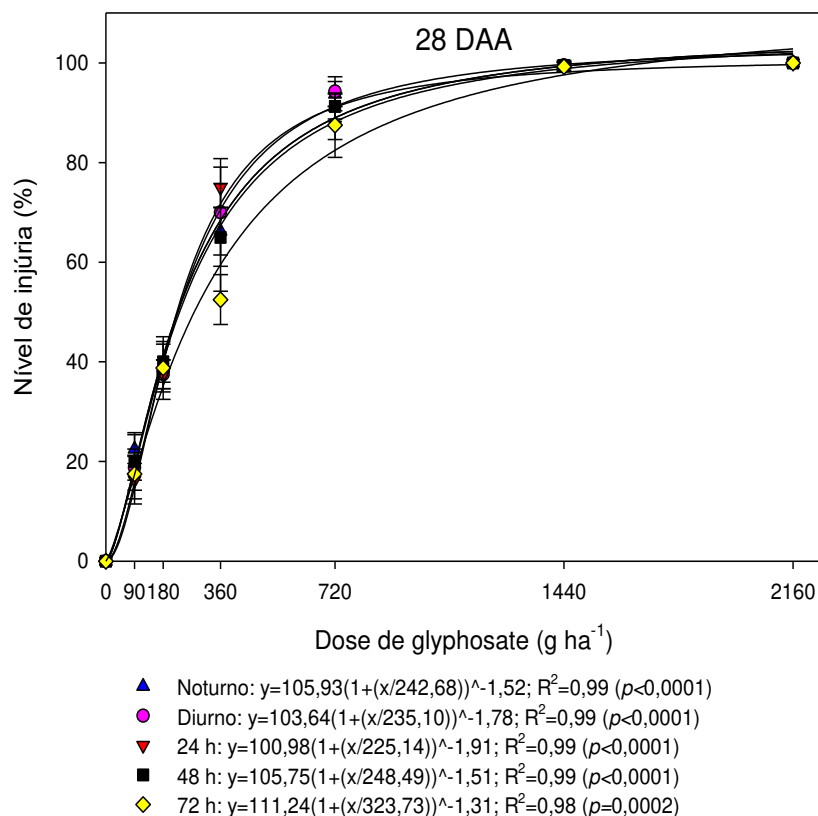
Neste estudo, a ausência de luz nos primeiros dias para alguns tratamentos foi um fator de estresse para a planta, especialmente nas primeiras avaliações. Cataneo et al. (2003) afirmaram que muitos herbicidas têm a ação reduzida se a planta estiver sob

estresse antes, no momento ou horas após a aplicação, pois os mesmos são menos translocados e, conseqüentemente, estão mais disponíveis para reações de metabolização, conjugação ou aprisionamento. Sendo o glyphosate um produto sistêmico, deve-se associar o controle satisfatório de plantas não apenas com a quantidade absorvida, mas com o sucesso da translocação do herbicida (MARTINS et al., 2009).

Sabendo que a translocação eficiente do produto na planta é de grande importância, a absorção e/ou translocação reduzidas são frequentemente citadas como a causa da tolerância ou seletividade em inúmeras culturas e plantas daninhas (CONCENÇO et al., 2007). Se os açúcares não estão sendo produzidos e transportados, o transporte no floema é diminuído e, conseqüentemente, o herbicida não transloca na planta, ficando concentrado nas folhas (ROMAN et al., 2007). Dessa forma, os resultados encontrados indicam que a diferença no nível de injúria até os 21 DAA entre os tratamentos, pode ter se dado devido a alteração na absorção e translocação.

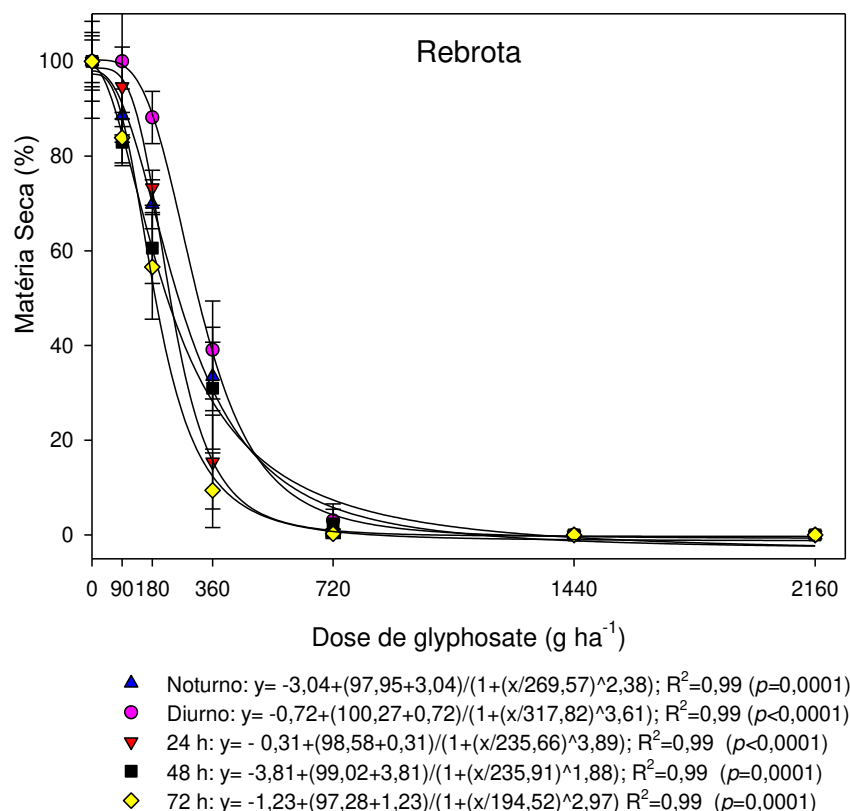






**Figura 1** – Controle (%) de *Urochloa brizantha* cv. Marandú por aplicação de glyphosate (0, 90, 180, 360, 720, 1.440 e 2.160 g ha<sup>-1</sup>) nas cinco disponibilidades de luz (aplicação diurna, noturna e seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro), com avaliação aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) do herbicida. As barras verticais em cada símbolo representam o desvio padrão da média ( $n = 4$ ).

As avaliações de matéria seca mostraram que em todas as condições de luminosidade houve redução eficaz das plantas de *U. brizantha*, com ausência total de rebrota nas maiores doses (1.440 e 2.160 g ha<sup>-1</sup>) e redução de mais de 80% a partir da dose 720 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate (Figura 2). Nas doses inferiores o controle não pode ser considerado eficiente, resultando em rebrota das plantas tratadas, fato justificável por ser doses inferiores aquelas recomendadas para plantas de *U. brizantha* em estágio de desenvolvimento avançado e bastante perfilhadas (neste estudo, cerca de 120 dias após emergência) (Figura 2).



**Figura 2** – Redução de matéria seca (%) de *Urochloa brizantha* cv. Marandú por aplicação de glyphosate (0, 90, 180, 360, 720, 1.440 e 2.160 g ha<sup>-1</sup>) nas cinco disponibilidades de luz (aplicação diurna, noturna e seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro), com avaliação 30 dias após o corte (rebrota). As barras verticais em cada símbolo representam o desvio padrão da média ( $n = 4$ ).

Aos 7 DAA, as plantas que receberam a pulverização no período noturno e diurno apresentaram valores de  $C_{50}$  inferiores (247,94 e 336,88 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente) quando comparadas com as plantas que permaneceram 24, 48 e 72 h sob escuro (985,66; 2026,56 e >2.160 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabela 2).

De maneira similar, aos 14 DAA, a  $C_{50}$  das plantas submetidas a várias horas de escuro foram superiores quando comparadas com a dose necessária para produzir o mesmo efeito sobre as plantas aplicadas no período diurno (1,07; 1,34 e 1,78 vezes maior para 24, 48 e 72 h, respectivamente). Aos 21 DAA, as plantas de *U. brizantha* submetidas a 72 h de escuro ainda apresentam maiores valores de  $C_{50}$ , todavia, a razão da aplicação período diurno e 24 h de escuro, reduziu de 1,78 para 1,33 (25 %). Entretanto, na última avaliação, aos 28 DAA, a diferença de  $C_{50}$  entre os tratamentos foi muito reduzida.

Reforçando esse comportamento no qual os tratamentos se igualaram ao final das avaliações, na Tabela 2 pode-se observar diferença de até 37% entre os tratamentos aos 7

DAA no parâmetro “a”, que representa a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, entretanto essa diferença nos valores encontrados reduz ao longo do tempo, chegando a 9% ao final dos 28 DAA, corroborando com o comportamento das curvas (Tabela 2).

Os valores similares da declividade da curva (parâmetro “c”) dos 7 aos 28 DAA indicaram que as curvas apresentam resposta similar a eficiência do herbicida para todas as condições de luminosidade, assim, os níveis de injúria variaram de forma crescente com o aumento da dose do herbicida.

Entretanto, ao avaliar os valores de GR<sub>50</sub> e GR<sub>80</sub> da rebrota das plantas foi possível observar uma redução nas plantas que permaneceram 72 h no escuro. Os valores de GR<sub>50</sub> e GR<sub>80</sub> foram aproximadamente 36 e 28% menores quando comparadas aos respectivos valores da aplicação no período diurno (Tabela 2). Em condição de sombreamento moderado, plantas da espécie *Desmodium tortuosum* apresentaram maior absorção de glyphosate (SHARMA et al., 2001; VIDAL et al., 2014;)

Todavia, neste estudo, ainda é necessário analisar a absorção e translocação deste herbicida para entender a dinâmica do produto dentro da planta e a partir disso, determinar como esses fatores podem afetar no horário de aplicação pelos produtores.

**Tabela 2-** Estimativas dos parâmetros das equações de regressão para o controle e matéria seca de *Urochloa brizantha* cv. Marandú submetida à aplicação de glyphosate em diferentes disponibilidades de luz solar (aplicação diurna, noturna e seguida de 24, 48 ou

<b>Controle</b>							
	<b>Tratamento</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>C<sub>50</sub></b>	<b>C<sub>80</sub></b>
<b>7 DAA</b>	<b>Noturno</b>	77,43	141,47	-1,07	--	247,94	>2.160
	<b>Diurno</b>	73,77	209,79	-1,57	--	336,88	>2.160
	<b>24 h</b>	68,47	329,95	-0,91	--	985,66	>2.160
	<b>48 h</b>	54,20	283,80	-1,26	--	2026,56	>2.160
	<b>72 h</b>	48,64	737,75	-0,71	--	>2,160	>2.160
<b>14 DAA</b>	<b>Noturno</b>	109,20	264,98	-1,00	--	223,80	725,97
	<b>Diurno</b>	107,50	366,85	-1,02	--	319,88	1045,09
	<b>24 h</b>	93,06	306,58	-1,29	--	344,23	1249,50
	<b>48 h</b>	80,56	294,40	-1,31	--	428,70	>2.160
	<b>72 h</b>	96,57	532,98	-1,03	--	571,05	>2.160
<b>21 DAA</b>	<b>Noturno</b>	109,18	268,62	-1,23	--	234,22	609,87
	<b>Diurno</b>	105,04	281,97	-1,45	--	263,90	628,21
	<b>24 h</b>	100,20	253,15	-1,75	--	252,57	555,83
	<b>48 h</b>	100,35	279,55	-1,55	--	278,29	676,12
	<b>72 h</b>	106,90	387,72	-1,35	--	352,32	869,24
<b>28 DAA</b>	<b>Noturno</b>	105,93	242,68	-1,52	--	225,43	509,25
	<b>Diurno</b>	103,64	235,10	-1,78	--	226,00	466,33
	<b>24 h</b>	100,98	225,14	-1,91	--	222,86	453,72
	<b>48 h</b>	105,75	248,49	-1,51	--	231,21	526,43
	<b>72 h</b>	111,24	323,73	-1,31	--	277,30	663,62
<b>Matéria seca</b>							
	<b>Tratamento</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>GR<sub>50</sub></b>	<b>GR<sub>80</sub></b>
<b>Rebrota</b>	<b>Noturno</b>	-3,04	97,95	269,57	-2,38	289,09	554,67
	<b>Diurno</b>	-0,72	100,27	317,82	-3,61	319,88	470,73
	<b>24 h</b>	-0,31	98,58	235,66	-3,89	238,18	344,82
	<b>48 h</b>	-3,81	99,02	235,91	-1,88	258,81	584,77
	<b>72 h</b>	-1,23	97,28	194,52	-2,97	201,63	335,80

72 h de escuro), com avaliação 30 dias após o corte (rebrota).

Ainda que tenha havido redução da absorção ou translocação do herbicida nos períodos de escuro, a quantidade do produto que alcançou o local de ação (enzima EPSPs, localizada nos cloroplastos) ao final da avaliação aos 28 DAA nas doses de 720, 1.440 e 2.160 g ha<sup>-1</sup> foi suficiente para promover controle eficiente das plantas de *U. brizantha*, para qualquer condição de exposição à luz.

A redução da diferença na porcentagem de controle das plantas entre os cinco tratamentos ao final dos 28 DAA pode ter se dado em razão de todas as plantas terem sido levadas novamente a céu aberto em condições normais de luminosidade até o fim das avaliações. É plausível que, assim como no estudo realizado por Dias-Filho (2002), as plantas de *U. brizantha* reduziram sua capacidade fotossintética sob sombra. Todavia, considerando que as plantas são capazes de alterar suas características bioquímicas, fisiológicas e morfológicas em resposta à variação ambiental (SCHLICHTING, 1986), é possível que, neste estudo, as plantas de *U. brizantha* ao ser expostas à luz solar após o período de exposição à sombra voltaram a fotossintetizar em taxas normais, resultando em respostas similar ao herbicida entre os tratamentos ao longo do tempo.

## CONCLUSÕES

A espécie *Urochloa brizhanta* cv. Marandú foi eficientemente controlada pelo glyphosate a partir da dose de 1.440 g ha<sup>-1</sup> por meio de aplicações diurnas, noturnas ou aplicações seguidas de 24, 48 ou 72 h de escuro.

Ainda assim, devido as diferenças observadas no controle das plantas até 21 dias após aplicação (DAA) e na redução de 50 e 80% de matéria seca (GR<sub>50</sub> e GR<sub>80</sub>, respectivamente) da rebrota, conclui-se que quantidade de luz recebida pelas plantas influencia o comportamento do glyphosate. Portanto, não se pode recomendar aos produtores, de maneira segura, a aplicação deste herbicida no período noturno para o controle de *U. brizhanta*.

Considerando que possa ter havido alterações na absorção e translocação do herbicida por influência da luz, ainda é necessário analisar estes fatores, a fim de compreender melhor o comportamento do glyphosate nas plantas e se fazer recomendações mais seguras quanto ao horário de aplicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. P.; FERREIRA, M. D. C.; SANTOS, R. T. D. S.; GRIESANG, F.; SANTOS, E. D. S. D.; TIMOSSI, P.C. Influence of glyphosate concentrations on spray solution physicochemical characteristics and drift potential. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n.1, p. 69-77, 2020.

- ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, p. 35-38, 1974.
- BORGHI, E.; COSTA, N. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.
- CARVALHO, S. J. P.; LOMBARDI, B. P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MEDEIROS, D. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 535-542, 2005.
- CATANEO, A. C.; DESTRO, G. F. G.; FERREIRA, L. C.; CHAMMA, K. L.; SOUSA, D. C. F. Glutathione S-transferase activity on the degradation of the herbicide glyphosate in maize (*Zea mays*) plants. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 307-312, 2003.
- CIESLIK, L. F.; KALSING, A.; VIDAL, R. A. Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase: Revisão. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 483-489, 2013.
- CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, J. B. Plasmodesmos: transporte simples de herbicidas na planta. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 423-432, 2007.
- DELLA-CIOPPA, G.; BAUER, S. C.; KLEIN, B. K.; SHAH, D. M.; FRALEY, R. T.; KISHORE, G. M. Translocation of the precursor of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase into chloroplasts of higher plants in vitro. **PNAS**, v. 83, n.18, p. 6873-6877, 1986.
- DIAS-FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 65-68, 2002.
- FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L.; CARDOSO, A. A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.
- GALON, L.; FERREIRA, E. A.; ASPIAZÚ, I.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Glyphosate translocation in herbicide tolerant plants. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 193-201, 2013.

- MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Planaltina: Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E), 2008. 34 p.
- MARTINS, D.; CARBONARI, C. A.; TERRA, M. A.; MARCHI, S. R. The effect of adjuvants on glyphosate absorption and translocation in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 155-163, 2009.
- MARTINSON, K. B.; SOTHERN, R. B.; KOUKKARI, W. L.; DURGAN, B. R.; GUNSOLUS, J. L. Circadian response of annual weeds to glyphosate and glufosinate. **Chronobiology International**, v. 19, n. 2, p. 405-422, 2002.
- MOHR, K.; SELLERS, B. A.; SMEDA, R. J. Application time of day influences glyphosate efficacy. **Weed Technology**, v. 21, n. 1, p. 7-13, 2007.
- MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OSUNA, M. D.; PRADO, R. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.
- MORAES, H. M. F. **Volume de calda, dose e horário de aplicação de glyphosate no controle de *Urochloa brizantha* cv. Marandú**. 2019. 53 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.
- PETERSON, D. E.; THOMPSON, C. R.; REGEHR, D. L.; AL-KHATIB, K. **Herbicide mode of action**. Topeka: Kansas State University, 2001. 24 p.
- R CORE TEAM, 2019. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 12/04/2020.
- ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L., RIZZARDI, M.; WOLF, T. M. **Como Funcionam os Herbicidas**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160 p.
- SANTOS JR., A.; TUFFI SANTOS, L. D.; COSTA, G. A.; BARBOSA, E. A.; LEITE, G. L. D.; MACHADO, V. D.; CRUZ, L. R. Manejo da tiririca e trapoeraba com glyphosate em ambientes sombreados. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 213-221, 2013.
- SATICHIWI, N. M.; WAX, L. M.; STOLLER, E. W.; BRISKIN, D. P. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, v. 48, n. 6, p. 675-679, 2000.

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS.

**Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas.** Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SCHLICHTING, C. D. The evolution of phenotypic plasticity in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, n.1, p. 667-693, 1986.

SEEFELDT, S. S.; JENSEN, J. E.; FUERST, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. *Weed Technology*, v. 9, n. 1, p. 218-227, 1995.

SHARMA, S. D.; SINGH, M. Environmental factors affecting absorption and bio-efficacy of glyphosate in Florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*). **Crop Protection**, v. 20, n. 6, p.511-516, 2001.

SILVA, U. R.; TIMOSSI, P. C.; ALMEIDA, D. P.; LIMA, S. F. Eficácia do glyphosate na dessecação de espécies de *Urochloa*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 202-209, 2013.

STREIBIG, J. C. Herbicide bioassay. **Weed Research**, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

WALTZ, A. L.; MARTIN, A. R.; ROETH, F. W.; LINDQUIST, J. L. Glyphosate efficacy on velvetleaf varies with application time of day. **Weed Technology**, v. 18, n. 4, p. 931-939, 2004.

## RESUMO

MOTA, Larissa Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2020. **A disponibilidade de luz interfere na absorção e translocação de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate em plantas de *Urochloa brizhanta* cv. Marandú.** Orientador: Kassio Ferreira Mendes. Coorientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

A ausência de luz pode influenciar o comportamento do herbicida na planta, alterando fatores, como absorção e translocação, de suma importância para a eficácia do controle químico. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar absorção e translocação do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate em *Urochloa brizhanta* cv. Marandú submetida a distintas disponibilidades de luz. Estudou-se seis condições de luminosidade: aplicação seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro, 72 h de luz, 24 h de escuro + 48 h de luz e diurna e seis tempos de avaliação: 0, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 h após aplicação do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate (1,67 kBq/planta). As plantas foram divididas em folha tratada, folha acima e abaixo da folha tratada, caule e raiz, e oxidadas para evolução do  $^{14}\text{C}$ -CO<sub>2</sub> e posteriormente tiveram a radioatividade das amostras avaliada por espectrômetro de cintilação líquida. A absorção do herbicida foi maior para as plantas com menor disponibilidade de luz às 72 HAA (48 e 21% para 72h de escuro e 72 h de luz, respectivamente), todavia, houve maior translocação do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate para raízes na maior disponibilidade de luz (23 e 5% para 72 h de luz e 72 h de escuro, respectivamente). Dessa forma, as plantas de *U. brizhanta* em condições de maior disponibilidade de luz, absorveram menos  $^{14}\text{C}$ -glyphosate, porém, nessa condição translocaram em maior quantidade o produto absorvido. Recomenda-se aos produtores, a aplicação do glyphosate em período diurno, já que a luz favoreceu positivamente a translocação, essencial à atividade do herbicida.

Palavras-chave: Herbicida radiomarcado. Horário de aplicação. Planta daninha. Autorradiografia.

## ABSTRACT

MOTA, Larissa Martins, M.Sc., Federal University of Viçosa, September, 2020. **The light availability interferes on absorption and translocation of  $^{14}\text{C}$ -glyphosate in *Urochloa brizhanta* cv Marandú plant.** Advisor Professor: Kassio Ferreira Mendes. Co-advisor: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

The light absence can influence the behavior of the herbicide in the plant, changing big importance factors, such as absorption and translocation, for the chemical control effectiveness. So, the aim of this research was to evaluate absorption and translocation of  $^{14}\text{C}$ -glyphosate in *Urochloa brizhanta* cv. Marandú subjected to different light availability. Six light conditions were studied: application followed by 24, 48 or 72 h of dark, 72 h of light, 24 h of dark + 48 h of light and daytime and six evaluation times: 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 h after application of  $^{14}\text{C}$ -glyphosate (1.67 kBq / plant). The plants were divided into treated leaf, leaf above and below the treated leaf, stem and root, and oxidized for evolution of  $^{14}\text{C}$ -CO<sub>2</sub> and after had the samples radioactivity analyzed by liquid scintillation spectrometer. The herbicide absorption was higher for plants with less light availability at 72 HAA (48 and 21% for 72h of darkness and 72h of light, respectively), however, there was a greater translocation of  $^{14}\text{C}$ -glyphosate to roots in the greatest availability of light (23 and 5% for 72 h of light and 72 h of dark, respectively). Thus, *U. brizhanta* plants, under conditions of greater light availability, absorbed less  $^{14}\text{C}$ -glyphosate, but, in this condition they translocated the absorbed product in greater quantity. It's recommended to producers to apply glyphosate at daytime, once the light positively favored translocation, which is essential to the herbicide activity.

**Keywords:** Radiomarked herbicide. Application timing. Weed. Autoradiography.

## INTRODUÇÃO

O glyphosate (*N*-(phosphonomethyl)glycine) inibidor da enzima 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPs), utilizado no controle químico de plantas daninhas, é considerado o herbicida mais importante do mundo (TRAVLOS et al., 2017), sendo registrado em mais de 130 países e em 150 marcas comerciais distintas, se mostrando eficaz no controle de mais de 300 espécies de plantas daninhas e utilizado em mais de 100 culturas agrícolas (VELINI et al., 2009; ALBRECHT et al., 2013).

O herbicida inibidor da EPSPs é absorvido principalmente pela parte aérea da planta, já que, quando aplicado ao solo, é fortemente adsorvido (TONI et al., 2006). Alguns fatores afetam a absorção do herbicida, como, por exemplo, a camada cuticular sobre a superfície das folhas, que é considerada a maior barreira para a absorção; além disso, o aumento da tensão de umidade no solo, que ocorre com o secamento do solo, pode reduzir fortemente a absorção do produto pelas plantas (KRUSE et al., 2000).

Em condições favoráveis o glyphosate penetra nas folhas, em seguida atinge as raízes, rizomas e meristemas apicais, pela translocação via floema e xilema (CASTRO et al., 2016). As cargas negativas da parede celular e do plasmalema repelem o herbicida, que é fortemente aniônico, contribuindo para o movimento do glyphosate no apoplasto (YAMADA e CASTRO, 2007). Todavia, o floema é o principal mecanismo de transporte de herbicidas aplicados em pós emergência das plantas daninhas (SATICHIVI et al., 2000).

A absorção e translocação são fundamentais para alcançar o sítio de ação e representam um fator essencial na eficácia de herbicidas. No que se refere a translocação, vários pesquisadores citam que o movimento do glyphosate no floema das plantas segue a mesma rota dos produtos da fotossíntese, ocorrendo, das folhas fotossinteticamente ativas em direção às partes do vegetal que utilizam os açúcares (SATICHIVI et al., 2000; MONQUERO et al., 2004; CARVALHO et al., 2011; MORAES, 2019).

Sendo assim, fatores que afetem a fotossíntese podem alterar a translocação e eficiência de controle das plantas daninhas pelo glyphosate. Entre as plantas usualmente controladas pelo glyphosate, o capim marandú (*Urochloa brizantha* cv. Marandú), merece destaque, sendo uma forrageira amplamente utilizada por possuir mediana exigência em fertilidade, resistência à cigarrinha das pastagens e lenta redução do valor nutritivo pelo florescimento tardio (CABRAL et al., 2016).

A *Urochloa brizantha* é uma espécie muito comum no Brasil, apresenta crescimento rápido, agressivo, em touceiras vigorosas, alcançando até 1,5 metros de

altura, e, com isso, elimina as plantas nativas, especialmente em ambientes abertos. Há vários cultivares e produz grande quantidade de sementes com alto poder de germinação (CAMARÃO et al., 2005). A *Urochloa brizantha* é considerada excelente forrageira tropical e tem sido utilizada no sistema de integração agricultura-pecuária, principalmente em sistemas de rotação ou consorciação com culturas anuais, visando a formação de pasto, a diversificação da produção e/ou a formação de palhada (FREITAS et al., 2005).

Os colmos iniciais são prostrados, produzindo, entretanto, perfilhos predominantemente eretos, sendo os colmos floríferos e o perfilhamento nos nós superiores. Os seus rizomas são muitos curtos e encurvados. As bainhas são muito pilosas e com cílios nas margens, geralmente mais longas que os entrenós, escondendo os nós. As lâminas foliares possuem pilosidade na parte superior e inferior. A principal desvantagem da espécie é a intolerância a solos encharcados, com lâminas d'água e mal drenados, podendo causar morte do capim (NUNES et al., 1985; CAMARÃO et al., 2005). O mau manejo das pastagens e ocorrência de pragas e, ou doenças associadas como o apodrecimento das raízes causada por fungos oportunistas, mancha foliar (*Rhizoctonia*) e redução do crescimento da planta também são causas de mortes da *U. brizantha* (CAMARÃO et al., 2005).

Sabe-se que, independente da espécie a ser manejada, o horário de aplicação do glyphosate pode influenciar muito na qualidade do controle das plantas. Existem diversos estudos relacionados com o melhor horário de aplicação do glyphosate (MARTINSON et al., 2002; WALTZ et al., 2004; MOHR et al., 2007; SANTOS JR. et al., 2013; ALMEIDA et al., 2020). Neste contexto, considerando a diferença de luminosidade nos distintos horários de aplicação e a luz como importante fator na fotossíntese, é fundamental isolar o efeito da luz e relacioná-lo com a absorção e translocação do glyphosate em plantas de *U. brizantha*.

O conhecimento da absorção, translocação e metabolismo de herbicidas é de suma importância para a compreensão da eficácia do controle químico de plantas daninhas. Para a realização de estudos de comportamento de herbicida na planta, tem-se utilizado produtos marcados com  $^{14}\text{C}$ , pois este isótopo pode ser diferenciado com grande precisão dos íons do composto que já estão no ambiente, mesmo quando ambos apresentam um comportamento químico semelhante (MENDES et al, 2017).

A combustão biológica é o procedimento mais utilizado para quantificar a translocação de herbicidas nas plantas. Neste procedimento, as plantas tratadas com radioatividade são queimadas à presença de  $\text{O}_2$ , o  $^{14}\text{C-CO}_2$  resultante é capturado em um solvente especial e a radioatividade é medida por contagem de cintilação líquida. Para a

cintilação líquida, a amostra radioativa é incorporada a uma solução cintilante, que emite fótons como resultado da interação entre as partículas  $\beta$  e as moléculas do solvente da solução cintilante. Fótons de luz produzidos são capturados por válvulas fotomultiplicadoras e convertidos em pulsos elétricos. A contagem desses pulsos elétricos corresponde à contagem das radiações emitidas pela amostra (NANDULA e VENCILL, 2015; MENDES et al., 2017)

Enquanto a combustão biológica oferece uma estimativa quantitativa do herbicida na planta tratada, a autoradiografia fornece uma medida qualitativa do movimento do herbicida na planta, além do local onde ocorre. Esta percepção é possível pela alteração da intensidade da cor onde ocorre o herbicida radiomarcado. As zonas contendo radioatividade são detectadas por meio da leitura da placa de fósforo TLC (cromatografia em camada fina) em scanners (NANDULA e VENCILL, 2015; MENDES et al., 2017)

Dessa forma, visando auxiliar nas recomendações seguras do glyphosate aos produtores quanto ao melhor horário de aplicação, esta pesquisa, por meio de métodos radiométricos teve por objetivo verificar as diferenças na absorção e translocação do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate em plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandú submetidas a distintas disponibilidades de luz.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Delineamento experimental**

O estudo foi realizado no Laboratório de Ecotoxicologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), Piracicaba, SP, Brasil, em plantas jovens de *Urochloa brizantha* cv. Marandú em delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições.

### ***Urochloa brizantha* cv. Marandú**

Sementes de *U. brizantha* cv. Marandú foram semeadas em bandejas de polietileno de 200 células contendo substrato comercial Tropstrato HT<sup>®</sup> (casca de pinus, vermiculita, PG mix 14.16.18, nitrato de potássio, superfosfato simples e turfa). Foram distribuídas três sementes por célula a fim de evitar falhas de germinação, e posteriormente realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por célula. Quinze dias após o plantio realizou-se uma adubação com 8 g/L de sulfato de amônio e 3 g/L de fosfato monopotássico, 60 mL por bandeja. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação sob irrigação por microaspersão.

Após estabelecimento das mudas se realizou uma seleção das plantas com três folhas completamente expandidas para se iniciar a pulverização do herbicida. Estas plantas foram deixadas em câmara de crescimento (Instalafrio, CCP 110 PT- 4300/ Curitiba-PR) sob condições controladas de temperatura e luminosidade.

### **Condições de luminosidade**

Foram avaliadas seis condições de luminosidade: aplicação seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro, diurna, seguida de 72 h de luz e seguida de 24 h de escuro + 48 h de luz e seis tempos de avaliação: 0, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 h após aplicação (HAA) do <sup>14</sup>C-glyphosate.

### **Glyphosate**

Primeiramente, uma folha de cada planta foi protegida da pulverização por meio de saco plástico, e em seguida as plantas foram pulverizadas com glyphosate (produto comercial Roundup® Original, dose de 720 g ha<sup>-1</sup>). A aplicação foi realizada por meio de um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> com pressão constante, munido de barra com duas pontas tipo leque TTI 11002, espaçados de 0,5 m entre si, altura da barra de 50 cm do alvo, 250 kPa de pressão e volume de calda correspondente a 142 L ha<sup>-1</sup>.

Após a secagem das gotículas de aplicação do glyphosate, as folhas anteriormente cobertas foram tratadas com 10 gotas de 1,0 µL da suspensão de <sup>14</sup>C-glyphosate (P-methylene-<sup>14</sup>C, 90% de pureza radioquímica; 3,17 MBq mg<sup>-1</sup> de atividade específica; Izotop, Budapeste, Hungria). A aplicação da solução radiomarcada foi realizada com uma microseringa (Hamilton PB6000 Dispenser, Hamilton, EUA) sobre a face adaxial da folha, totalizando 8,92 x 10<sup>-7</sup> GBq/planta (2,81 x 10<sup>-7</sup> g de glyphosate por planta).

### **Estudo de absorção e translocação**

Em todos os tempos estudados (horas após aplicação), a folha tratada com a solução radiomarcada foi lavada com 3 mL de água deionizada + metanol (proporção 1:1) para recuperar o <sup>14</sup>C-glyphosate não absorvido pelas folhas. Uma alíquota de 500 mL do líquido de lavagem foi retirada em duplicata e transferida para frascos de cintilação contendo 10 mL de solução cintiladora. A radioatividade da solução contendo o <sup>14</sup>C-glyphosate não absorvido foi mensurada durante 5 min por espectrometria de cintilação líquida (ECL) em um contador Tri-Carb 2900 TR (Perkin Elmer, Waltham, MA, EUA). Posteriormente, as plantas inteiras foram prensadas em papel e secas em estufa de circulação de ar forçado (Tecnal 394-1 / Piracicaba – SP) a 60°C por 24 h. Após isto,

todas as plantas foram divididas em folha tratada, folha acima da folha tratada, folha abaixo da folha tratada, caule e raiz.

Cada corte das plantas foi submetido individualmente a combustão de 900°C em um oxidador biológico (OX 500 - R.J. Harvey Instrument Corporation, Tappan, NY, EUA), por 3 min em presença de O<sub>2</sub>. O <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> liberado da combustão de cada amostra vegetal foi capturado com 10 mL de solução cintiladora, e recuperada em frascos de cintilação líquida. A radioatividade do <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> proveniente da combustão da amostra vegetal contendo <sup>14</sup>C-glyphosate foi medida por ECL, por 5 min.

### **Autorradiografia**

A absorção e translocação do <sup>14</sup>C-glyphosate foram analisadas por autorradiografia para geração de imagens qualitativas. Uma planta de cada tempo de avaliação e disponibilidade lumínica foi colocada sobre uma película de armazenamento de fósforo, placas de Cromatografia de Camada Delgada (*Thin Layer Chromatography – TLC*, 60F254, EMDMillipore) por 24 h no escuro e lidas no Cyclone Plus (Packard Cyclone - Perkin Elmer, Shelton, CT, EUA). A translocação do <sup>14</sup>C-glyphosate foi expressa pela intensidade da cor no filme, gerando coloração mais escura nos locais onde o herbicida se encontrava em maior concentração. As plantas prensadas também foram fotografadas para comparar suas imagens com a autorradiografia das plantas.

### **Análise estatística**

O <sup>14</sup>C-glyphosate total aplicado inicialmente equivaleu a soma da radioatividade quantificada do <sup>14</sup>C-glyphosate não absorvido (lavado), folha tratada, folha acima da folha tratada, folha abaixo da folha tratada, caule e raiz.

A partir do <sup>14</sup>C-glyphosate total aplicado inicialmente se calculou as porcentagens do <sup>14</sup>C-glyphosate em cada componente da planta. As porcentagens de absorção e translocação do <sup>14</sup>C-glyphosate nas diferentes partes da planta nos diferentes períodos de avaliação foram ajustadas pela equação linear  $y=ax+b$ , em que  $y$  é a porcentagem absorvida ou translocada do herbicida;  $a$  é o coeficiente angular da reta,  $b$  representa a interceptação da reta com o eixo vertical e  $x$  corresponde aos períodos de avaliação (HAA); ou por regressão não linear exponencial:  $y=a(1-\exp(-bx))$ , em que  $y$  é a porcentagem absorvida ou translocada do herbicida;  $a$  é ponto máximo da absorção ou translocação e  $b$  é o ângulo da curva; e  $x$  corresponde aos períodos de avaliação (HAA).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com o objetivo de verificar a significância da interação fatorial (disponibilidade de luz e absorção ou translocação

total ou por parte da planta) e as equações de regressão foram ajustadas com o auxílio do SigmaPlot (versão 12.5 para Windows, Systat Software Inc., Point Richmond, CA, EUA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Balanco de massa

Observou-se interação entre a disponibilidade de luz e o  $^{14}\text{C}$ -glyphosate absorvido ( $F= 6,79, p < 0,05$ ), não absorvido ( $F= 3,45, p < 0,05$ ), total translocado ( $F= 3,95, p < 0,05$ ), no caule ( $F= 10,81, p < 0,05$ ), nas folhas abaixo da folha tratada ( $F= 4,27, p < 0,05$ ), nas folhas acima da folha tratada ( $F= 5,36, p < 0,05$ ), na folha tratada ( $F= 7,61, p < 0,05$ ) e nas raízes ( $F= 11,31, p < 0,05$ ). O balanço de massa do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate aplicado em todos os tratamentos foi, em média 97%, valor confiável, já que segundo Nandula e Vencill (2015) o balanço de massa ideal deve ser maior que 80%.

### Absorção do $^{14}\text{C}$ -glyphosate em *Urochloa brizantha* cv. Marandú

A absorção do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate foi inicialmente lenta para todos os tratamentos, pois é possível que este comportamento ocorra devido às folhas da *U. brizantha* serem densamente pilosas, o que dificulta a absorção do herbicida pela cutícula e também ao baixo coeficiente de partição octanol-água ( $\log K_{ow}$ ) (próximo a -4) do glyphosate em comparação com outros herbicidas (KRUSE et al., 2000), que se torna uma barreira a absorção pelas folhas, já que a membrana plasmática consiste em dupla camada lipídica com o exterior hidrofílico e o interior lipofílico (OLIVEIRA JR. et al., 2011).

A absorção do glyphosate é descrita como sendo relativamente lenta, pois após transpassar a cutícula e a epiderme da folha, o herbicida ainda necessita ser absorvido até o citoplasma da célula para ser então translocado até seu sítio de ação (SATICHIVI et al., 2000). Uma vez que se encontra nos espaços intercelulares, a molécula de glyphosate precisa atravessar a cutícula interna que reveste as paredes das células, atingindo o apoplasto e, em seguida, ser absorvido por meio da membrana plasmática até o simplasto (VELINI et al., 2009).

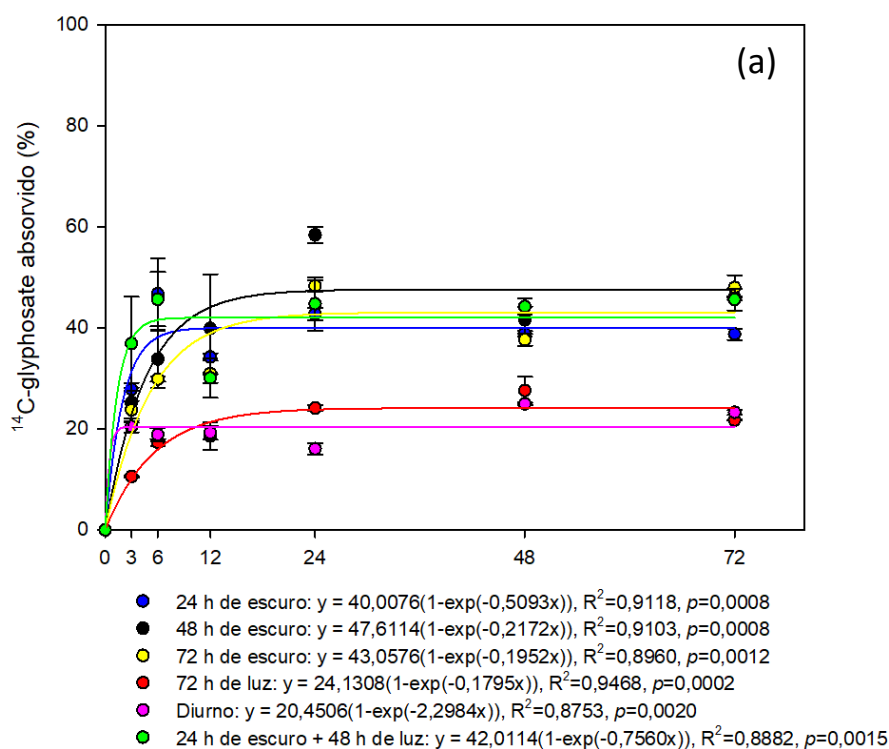
A absorção do glyphosate geralmente requer período de até 6 h sem chuvas após a aplicação para que o controle de plantas suscetíveis seja satisfatório (VIDAL et al., 2014). Neste estudo, após as primeiras 12 HAA, as quantidades de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate absorvido se mantiveram relativamente constantes para todos os tratamentos, todavia, o tratamento com aplicação diurna merece destaque, já que a planta manteve a absorção em torno de 20% desde a avaliação às 3 HAA. A absorção do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate nas plantas de

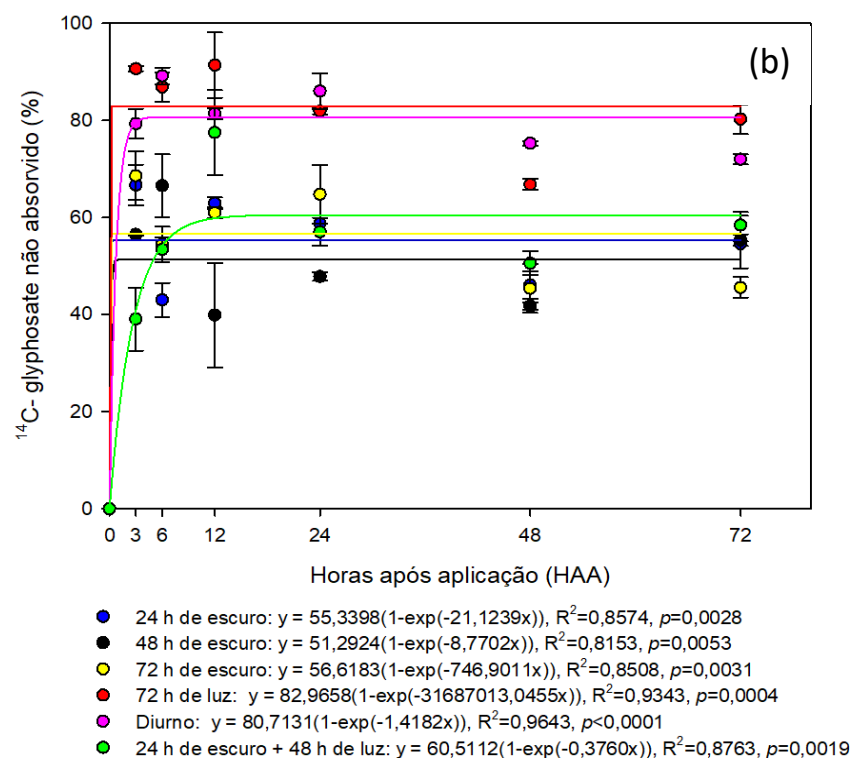
*U. brizantha* apresentou-se em maior porcentagem nas aplicações com 24 h de escuro (39%), 48 h de escuro (46%), 72 h de escuro (48%) e 24 h de escuro + 48h de luz (46%), e em menor porcentagem na aplicação no período diurno (23%) e 72 h de luz (21%) ao final das avaliações (72 HAA) (Figura 1).

O parâmetro *a* (ponto máximo de absorção) teve valor próximo à 20 para os tratamentos diurno e 72h de luz e aproximadamente 40 para os demais tratamentos, corroborando com a conclusão de que os tratamentos com maior disponibilidade lumínica apresentaram menor absorção do herbicida. Os valores similares do ângulo da curva (parâmetro “b”) indicam que os tratamentos tiveram resposta similar ao longo dos tempos de avaliação.

Dessa forma, fica claro que a absorção do <sup>14</sup>C-glyphosate foi inferior nos tratamentos com maior disponibilidade de luz. Vidal et al. (2014) citaram que a atividade de glyphosate em condições de sombreamento moderado podem garantir maior absorção do produto pelas plantas. Cieslik et al. (2013) citaram uma redução da absorção em herbicidas inibidores da Acetil coenzima A carboxilase (ACCase) justificando como possibilidade a fotodegradação dos produtos do grupo das ciclo-hexanodionas pela luz ultravioleta.

Além disso, Santos et al. (2016) afirmaram que plantas de *Synedrellopsis grisebachii* desenvolveram diferenças em sua anatomia apresentando maior número de células, devido à incremento na espessura do parênquima em condição de alta luminosidade, constituindo maior quantidade de barreiras à absorção do glyphosate.





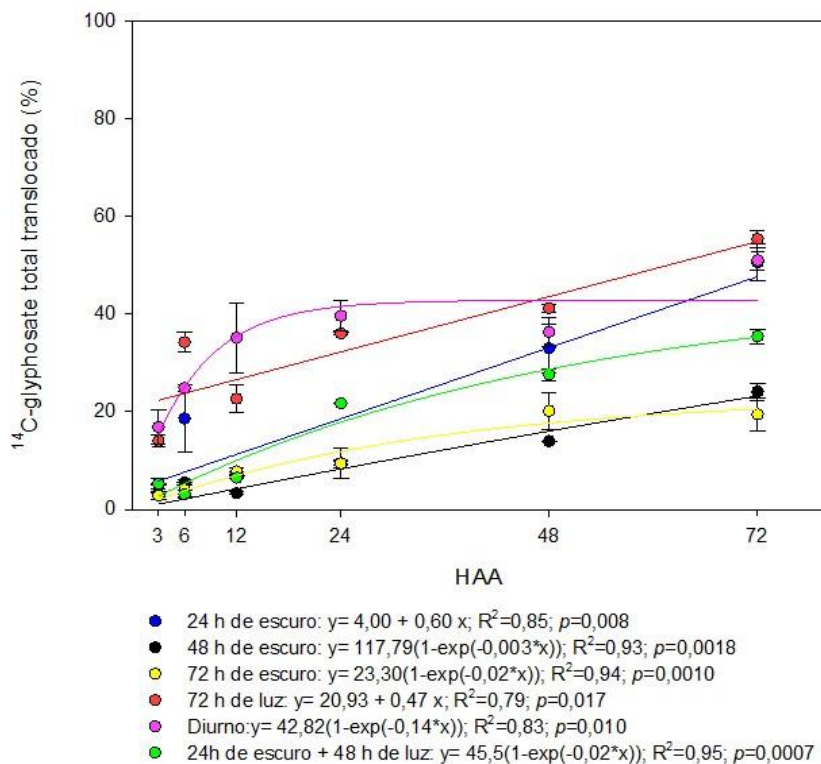
**Figura 1** – Porcentagem de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate absorvido (a) e não absorvido (b) pelas plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandú nas seis disponibilidades de luz: aplicação seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro, diurna, seguida de 72 h de luz e seguida de 24 h de escuro + 48 h de luz e seis tempos de avaliação: 0, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 h após aplicação (HAA). As barras verticais em cada símbolo representam o desvio padrão da média ( $n = 3$ ).

### Translocação do $^{14}\text{C}$ -glyphosate em *Urochloa brizantha* cv. Marandú

A translocação do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate nas plantas aumentou ao longo do período avaliado, tendo, portanto, seu valor máximo em 72 HAA para todos os tratamentos. Outros autores também citam a translocação máxima do glyphosate em 72 HAA (SATICHIVI et al., 2000; GALON et al., 2013; CARDINALI et al., 2015). Enquanto que a porcentagem de absorção foi inferior nas plantas submetidas à 72 h de luz e diurno, a translocação total do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate nestes tratamentos foi superior à 72 HAA, sendo 55 e 51%, respectivamente; seguido das aplicações do herbicida com 24 h de escuro (50%); 24 h de escuro + 48 h de luz (35%), 48 h de escuro (24%) e 72 h de escuro (20%) (Figura 2).

A eficácia do glyphosate é dependente de processos como a retenção da molécula na superfície foliar, a penetração foliar, a translocação na planta até o sítio de ação e a inibição da enzima-alvo (EPSPs), onde o produto vai exercer sua atividade herbicida (SATICHIVI et al., 2000). A translocação do glyphosate representa processo essencial para a eficácia do herbicida e está relacionada com a rota dos produtos da fotossíntese (SATICHIVI et al., 2000; GALVANI et al., 2012). Assim, alterações na translocação

podem resultar em grandes prejuízos na eficiência de controle da espécie-alvo. Dessa forma, como citado acima e também observado na Figura 2, sendo os tratamentos com maior disponibilidade de luz, os que apresentaram maior translocação do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate, pode-se considerar esses tratamentos como mais promissores no controle da *U. brizhanta*.



**Figura 2** – Porcentagem de  $^{14}\text{C}$ - glyphosate total translocado pelas plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandú nas seis disponibilidades de luz: aplicação seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro, aplicação diurna, aplicação seguida de 72 h de luz e aplicação seguida de 24 h de escuro + 48 h de luz e seis tempos de avaliação: 0, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas após aplicação (HAA). As barras verticais em cada símbolo representam o desvio padrão da média ( $n = 3$ ).

Na translocação por partes das plantas foi possível observar que a porcentagem de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate translocada para as folhas foi baixa (menos de 5%), tanto para folha acima quanto para folha abaixo da folha tratada, em todos os tratamentos (Figura 3). Segundo Burke et al. (2007) o glyphosate geralmente é translocado para regiões meristemáticas em crescimento ativo, que na *Urochloa*, consiste na região meristemática intercalar, fato que pode justificar a pouca translocação para as folhas já formadas.

A porcentagem de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate translocado para o caule e raiz nas plantas que ficaram 72 h sob luz, foram 24 e 23%, respectivamente. No entanto, as plantas que ficaram 72 h sob escuro apresentaram menor porcentagem de translocação para a caule e raiz, 6 e 5%, respectivamente (Figura 3).

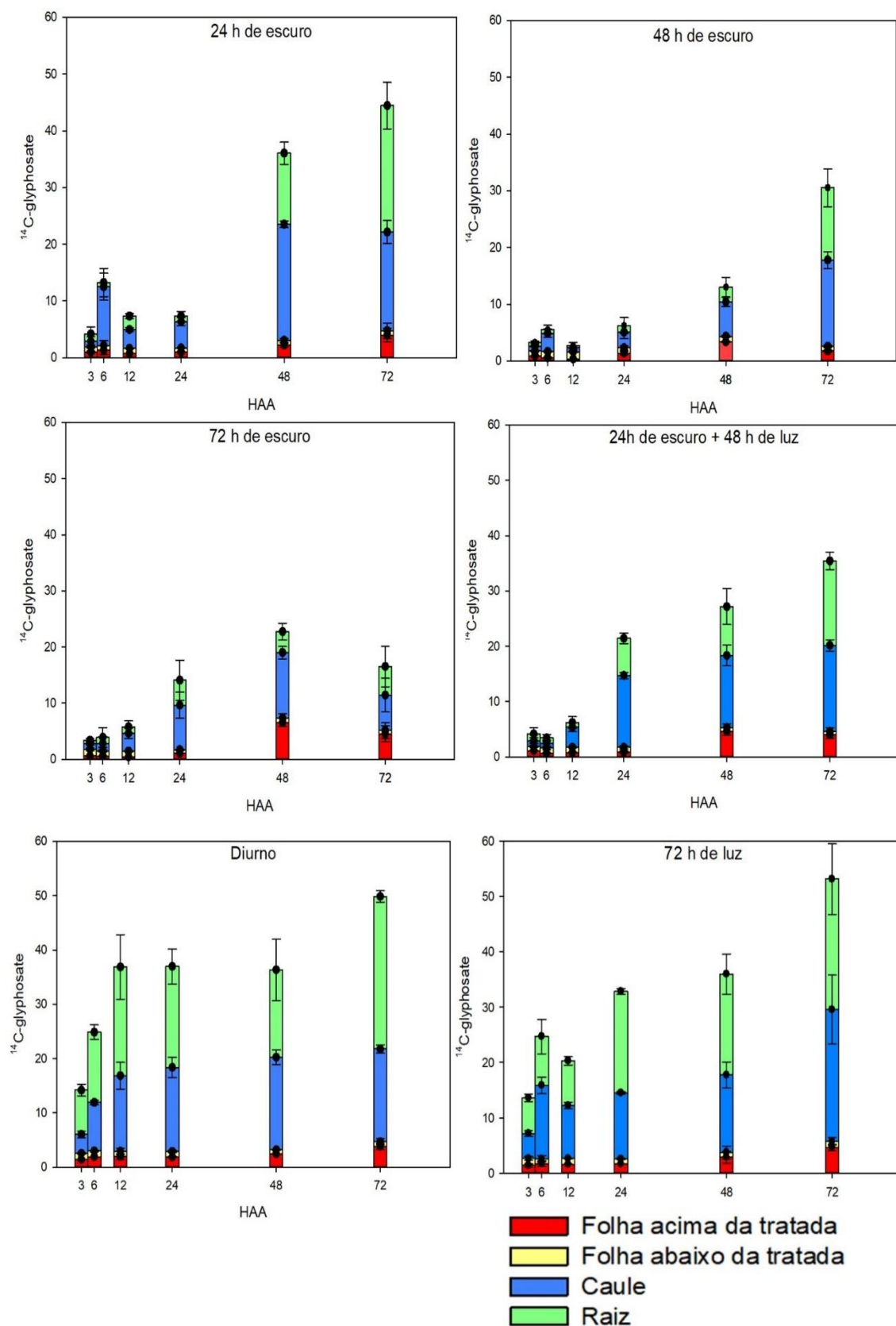
A menor translocação nas plantas com 72 h de escuro tem relação com fato de o déficit luminoso reduzir a eficiência do aparato fotossintético, ocasionando rearranjo na alocação dos fotoassimilados, prejudicando o crescimento das raízes, o acúmulo de reservas e também desfavorecendo a exsudação radicular (GEHRING, 2003; MORATELLI et al., 2007).

Tuffi Santos et al. (2008) relataram a capacidade da espécie *Urochloa decumbens* em absorver e exsudar o glyphosate pelo sistema radicular, comportamento que pode ocorrer com outras espécies do mesmo gênero e com outros herbicidas. A maior translocação do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate para caule e raízes pelas plantas com maior disponibilidade de luz, indica que nessa condição, o produto tende a ser mais translocado e também mais facilmente exsudado.

Contudo, a exsudação facilitada pela luz não pode ser considerado um problema, já que diversos estudos foram realizados visando o esclarecimento do impacto da exsudação radicular do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate por *U. brizantha*, e não identificaram exsudação em quantidade suficiente para afetar a massa seca de culturas como eucalipto, cana-de-açúcar e citros cultivadas próximas à *U. brizantha* (TUFFI SANTOS et al. 2008; VITI et al., 2019).

Além disso, a translocação do glyphosate para raízes tem sido citada para referenciar a suscetibilidade de plantas ao herbicida, já que biótipos resistentes tem menor translocação deste herbicida para as raízes; as áreas meristemáticas (brotação e raiz) são locais sensíveis para acúmulo e ação de glyphosate; assim, a limitação da translocação de herbicidas para o desenvolvimento de tecidos conferem resistência nas plantas daninhas (GONZÁLEZ-TORRALVA et al., 2012; CARDINALI et al., 2015). A maior translocação do glyphosate é fundamental para um controle eficiente das plantas tratadas, sendo a deficiência na translocação, citada como mecanismo de resistência de plantas daninhas (FENG et al., 2017).

Estudos desenvolvido por Sharkhuu et al. (2014) evidenciaram que a quantidade da enzima EPSPs disponível para a conversão de chiquimato em corismato mostrou-se mais acentuada em condições de baixa relação dos fitocromos vermelhos / vermelho distante (sombra); portanto, nessa condição o glyphosate se torna menos eficiente, não inibindo a rota de biossíntese dos aminoácidos aromáticos. Dessa forma, além da redução na porcentagem translocada pelas plantas com menor disponibilidade de luz observada neste estudo, o produto pode se tornar menos eficiente nesta condição. Não sendo indicada, portanto, aplicação do glyphosate sob baixa disponibilidade de luz.



**Figura 3** – Porcentagem de  $^{14}\text{C}$ -glyphosate total nas plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandú por parte da planta (folha acima da tratada, folha abaixo da tratada, caule e raiz), nas disponibilidades de luz: aplicação seguida de 24, 48, 72 h de escuro, 24 h de escuro + 48 h de luz, aplicação diurna e aplicação seguida de 72 h de luz e seis tempos de avaliação: 3, 6, 12, 24, 48 e 72 h após aplicação (HAA). As barras no topo de cada segmento de barra correspondem ao desvio padrão da média ( $n = 3$ ).

### **Visualização do comportamento do $^{14}\text{C}$ -glyphosate em *Urochloa brizantha* cv. Marandú**

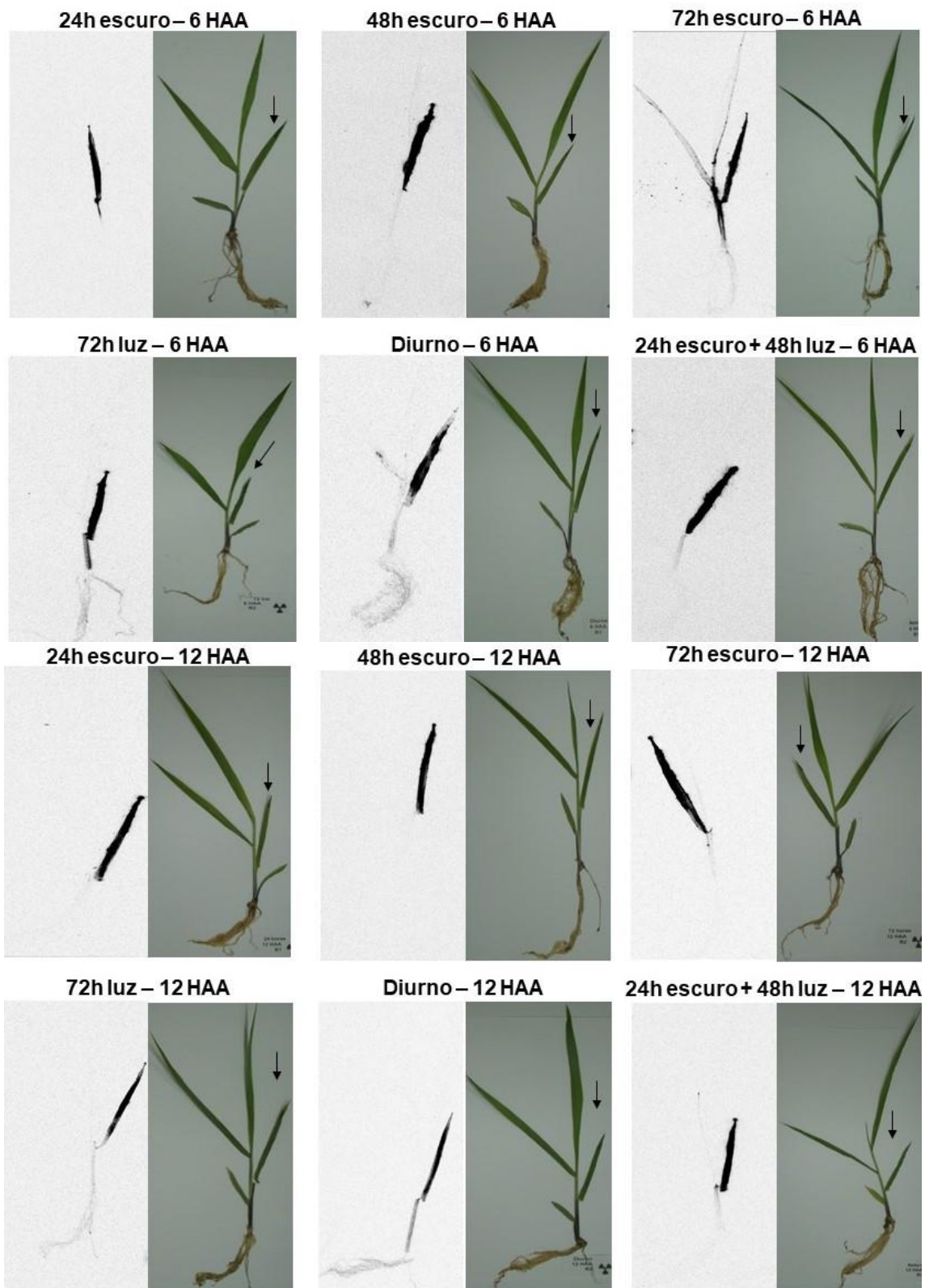
Foi possível observar o movimento do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate por meio de autorradiografias das plantas de *U. brizantha* em todos os tratamentos (Figura 4). A radioatividade não foi distribuída igualmente nas plantas, ilustrando bem os resultados da absorção e translocação anteriormente citados.

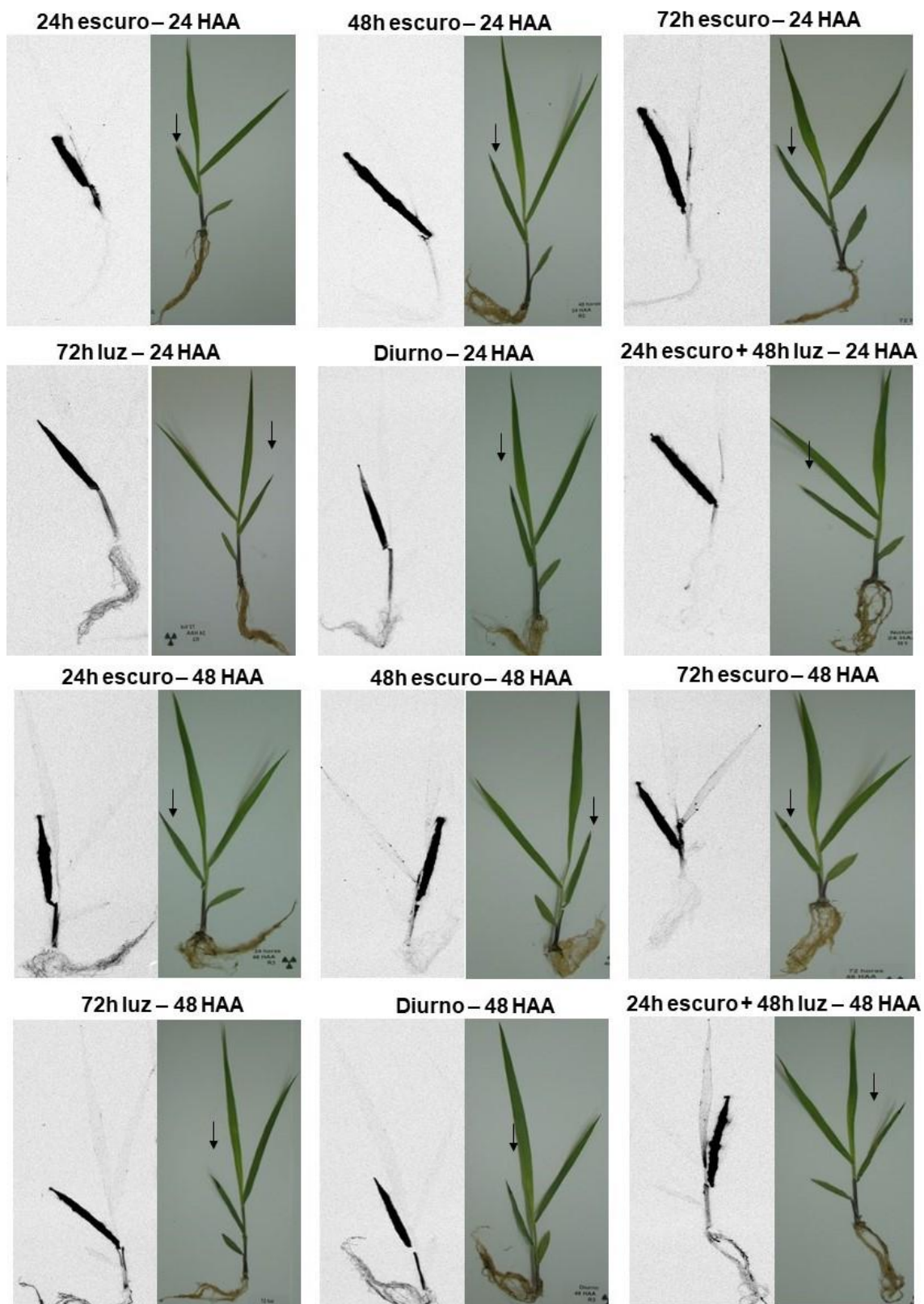
Na primeira avaliação (3 HAA) a radioatividade encontrou-se mais concentrada na folha tratada, todavia, com o passar do tempo foi possível observar como o  $^{14}\text{C}$ -glyphosate se distribuiu nas plantas. Às 6 HAA, observou-se que nos tratamentos com maior disponibilidade de luz (72 h de luz e diurno) houve maior translocação do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate para caule e raiz, e o oposto ocorreu no tratamento 72 h de escuro, onde se observa a redistribuição do herbicida para as folhas. Às 12 HAA pode-se notar que nas plantas dos tratamentos 24 e 48 h de escuro, o  $^{14}\text{C}$ -glyphosate se concentrou na folha tratada, corroborando com os resultados quantitativos que demonstram a importância da luz na translocação do glyphosate.

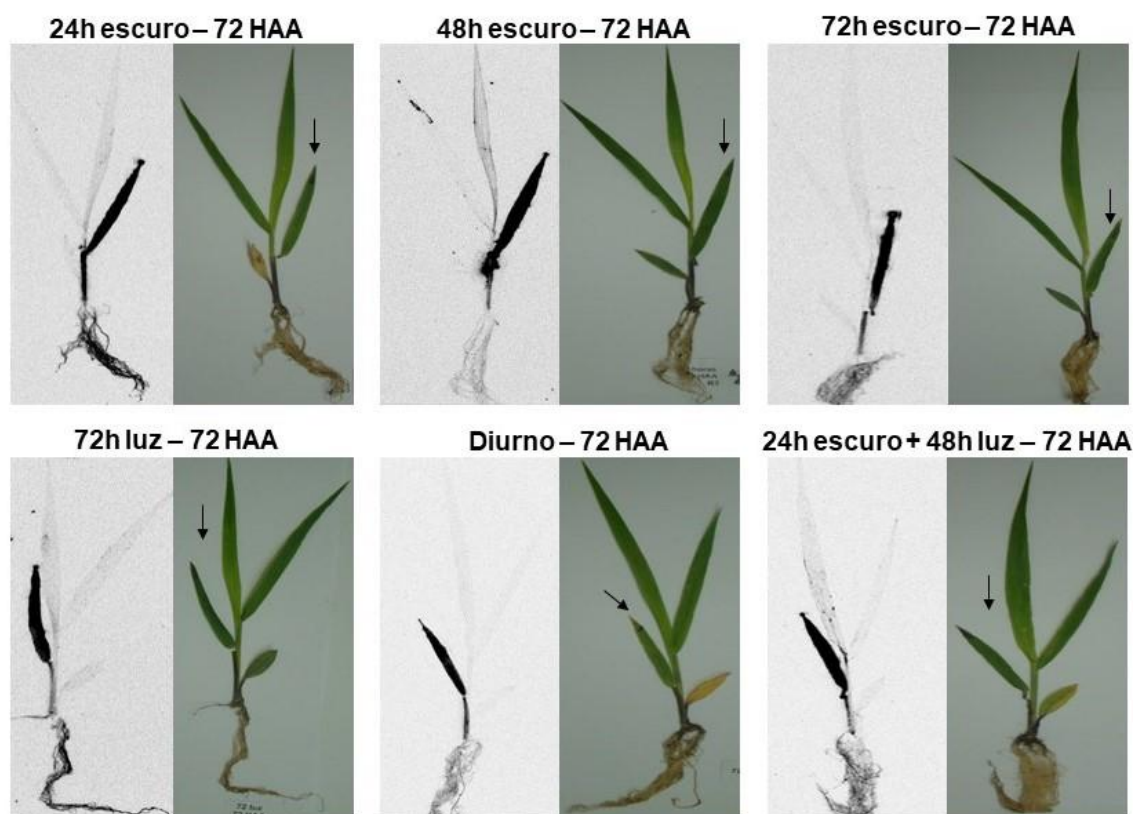
A translocação do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate aumentou com o passar do tempo e às 24, 48 e 72 HAA, observou-se a formação de imagens mais nítidas das plantas na autorradiografia. Apesar da pouca diferença visual entre os tratamentos nas autorradiografias às 72 HAA, por meio das análises quantitativas foi confirmado que a disponibilidade de luz influenciou o comportamento do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate.

Enquanto a combustão biológica do material vegetal forneceu a informação quantitativa da translocação do herbicida, a autorradiografia confirmou (principalmente nas primeiras avaliações) que a luz é importante para a atividade do glyphosate em *U. brizantha*.









**Figura 4** – Visualização das imagens de fosforescência (autorradiografias) do  $^{14}\text{C}$ -glyphosate em plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandú nas seis disponibilidades de luz: aplicação seguida de 24, 48 ou 72 h de escuro, seguida de 72 h de luz, diurna e seguida de 24 h de escuro + 48 h de luz, nas avaliações às 3, 6, 12, 24, 48 e 72 h após aplicação (HAA). As setas preta apontam para a folha que recebeu o  $^{14}\text{C}$ -glyphosate. As imagens à esquerda representam a autorradiografia das plantas e as imagens à direita representam as plantas prensadas.

É importante considerar as condições ambientais no momento da aplicação do herbicida, como a temperatura, umidade relativa do ar, a velocidade do vento, o orvalho e as precipitações para se obter controle eficiente das plantas daninhas. Vidal et al. (2014) afirmaram que a temperatura do ar deve estar em valores ótimos para a atividade metabólica da espécie, favorecendo a absorção e a translocação do produto pela planta. Palma-Bautista et al. (2019) citaram que as baixas temperaturas aumentaram a absorção e translocação do glyphosate, suprimindo os mecanismos de resistência, melhorando sua eficácia em biótipos resistentes de *Conyza sumatrensis*. Neste estudo, comprova-se que assim como existem recomendações de valores ótimos de luminosidade, velocidade do vento e umidade relativa, a luminosidade também deve ser considerada, já que esta afeta a translocação do glyphosate de forma positiva.

Corroborando com os resultados de que a aplicação diurna do glyphosate deve ser recomendada para *U. brizhanta*, Moraes (2019) citou que em caso de aplicações noturnas são necessárias maiores doses e maior volume de aplicação para o controle dessa espécie

com glyphosate e que as condições ambientais consideradas favoráveis para a realização das aplicações, são caracterizadas por temperaturas entre 15 a 30°C, umidade relativa do ar maior que 55% e velocidade do vento variando de 2 a 12 km h<sup>-1</sup>.

Sabe-se que os produtores, muitas vezes optam pelo período noturno para fazerem aplicações do glyphosate por razões das menores adversidades climáticas, porém, como visto, a aplicação noturna não deve ser recomendada por não favorecer a atividade do herbicida em plantas de *U. brizantha* cv. Marandú. Sabendo da importância da dessecação antes do plantio direto no desenvolvimento inicial rápido e vigoroso das lavouras, deve-se atentar nas corretas recomendações do herbicida, a fim de obter os melhores resultados.

## CONCLUSÕES

As plantas de *Urochloa brizhanta* cv. Marandú em condições de maior disponibilidade de luz, absorvem menos <sup>14</sup>C-glyphosate, porém, nessa condição translocam em maior quantidade o produto absorvido. Dessa forma, mesmo que tenha havido translocação na planta em todas as condições de luminosidade, recomenda-se a aplicação do glyphosate em período diurno e com grande disponibilidade de luz, pois esta condição favoreceu a translocação, essencial à atividade do herbicida para o controle das plantas daninhas.

Fornecer recomendações de aplicação diurna do glyphosate é propiciar aos produtores o uso do produto em sua condição ótima, aumentando a possibilidade de um controle efetivo da *Urochloa brizhanta* cv. Marandú.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; VICTORIA FILHO, R. Soja RR e o Glyphosate. In: ALBRECHT, L. P.; MISSIO, R. F. **Manejo de cultivos transgênicos**. Palotina – PR: Universidade Federal do Paraná, 2013. p. 26-45.

ALMEIDA, D. P; FERREIRA, M. D. C.; SANTOS, R. T. D. S.; GRIESANG, F.; SANTOS, E. D. S. D.; TIMOSSI, P.C. Influence of glyphosate concentrations on spray solution physicochemical characteristics and drift potential. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n.1, p. 69-77, 2020.

BURKE, I. C.; KOGER, C. H.; REDDY, K. N.; WILCUT, J. W. Reduced translocation is the cause of antagonism of glyphosate by MSMA in browntop millet

(*Brachiaria ramosa*) and Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*). *Weed Technology*, v.21, n.1, p. 166-170, 2007.

CABRAL, C. E. A.; CABRAL, L. S.; SILVA, E. M. B.; CARVALHO, K. S.; KROTH, B. E.; CABRAL, C. H. A. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. *Comunicata Scientiae*, v. 7, n. 1, p. 66-72, 2016.

CAMARÃO, A. P.; FILHO, A. D. S. S. **Limitações e potencialidades do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. marandú (A. Rich) Stapf.) para a Amazônia.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2005. 52 p.

CAMARÃO, A. P.; FILHO, A. D. S. S. **Limitações e potencialidades do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. marandú (A. Rich) Stapf.) para a Amazônia.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2005. 52 p.

CARDINALI, V. C. B.; DIAS, A. C. R.; MUELLER, T. C.; ABERCROMBIE, L.; STEWART JR., C. N.; TORNISIELO, V. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Shikimate accumulation, glyphosate absorption and translocation in horseweed biotypes. *Planta Daninha*, v. 33, n.1, p. 109-118, 2015.

CARVALHO, S. J. P.; TAROZZO, H. F.; DIAS, A. C. R.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Participação do nitrogênio na indução de injúrias foliares e na eficácia do herbicida glyphosate. *Revista Ceres*, v. 58, n. 4, p. 516-524, 2011.

CASTRO, E. B.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; BELAPART, D.; GOMES, G. L. G. C.; BEN, R. Absorção, translocação e efeitos metabólicos do glyphosate em plantas de eucalipto. *Scientia Forestalis*, v. 44, n. 111, p. 719-727, 2016.

CIESLIK, L. F.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de inibidores herbicidas do ACCase: revisão. *Planta Daninha*, v. 31, n. 2, p. 483-489, 2013.

FENG, P. C.; TRAN, M.; CHIU, T.; SAMMONS, R. D.; HECK, G. R.; CAJACOB, C. A. Investigations into glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*): retention, uptake, translocation, and metabolism. *Weed Science*, v. 52, n.4, p. 498-505, 2004.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L.; CARDOSO, A. A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. *Planta Daninha*, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

GALVANI, J.; RIZZARDI, M. A.; CARNEIRO, C. M.; BIANCHI, M. A. Anatomia foliar de *Lolium multiflorum* sensível e resistente ao glyphosate. **Planta daninha**, v. 30, n.2, p. 407-413, 2012.

GEHRING, C. A. Growth responses to arbuscular mycorrhizae by rain forest seedlings vary with light intensity and tree species. **Plant Ecology**, v. 167, n. 1, p. 127-139, 2003.

GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; GIL-HUMANES, J.; BARRO, F.; BRANTS, I.; DE PRADO, R. Target site mutation and reduced translocation are present in a glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* Lam. biotype from Spain. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.58, p.16-22, 2012.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.

MARTINSON, K. B.; SOTHERN, R. B.; KOUKKARI, W. L.; DURGAN, B. R.; GUNSOLUS, J. L. Circadian response of annual weeds to glyphosate and glufosinate. **Chronobiology International**, v. 19, n. 2, p. 405-422, 2002

MENDES, K. F.; MARTINS, B. A. B.; REIS, F. C.; DIAS, A. C. R.; TORNISIELO, V. L. Methodologies to study the behavior of herbicides on plants and the soil using radioisotopes. **Planta Daninha**, v. 35, p. e017154232, 2017.

MOHR, K.; SELLERS, B. A.; SMEDA, R. J. Application time of day influences glyphosate efficacy. **Weed Technology**, v. 21, n.1, p. 7–13, 2007.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OSUNA, M. D.; PRADO, R. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.

MORAES, H. M. F. **Volume de calda, dose e horário de aplicação de glyphosate no controle de *Urochloa brizantha* cv. Marandú**. 2019. 53 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

MORATELLI, E. M.; COSTA, M. D.; LOVATO, P. E.; SANTOS, M.; PAULILO, M. T. S. Efeito da disponibilidade de água e de luz na colonização micorrízica e no crescimento de *Tabebuia avellanadae* Lorentz ex Griseb. (Bignoniaceae). **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 555-566, 2007.

NANDULA, V. K.; VENCILL, W. K. Herbicide absorption and translocation in plants using radioisotopes. **Weed Science**, v. 63, n. 1, p. 140-151, 2015.

NUNES, S.G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M.I. O.; GOMES, D.T. *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. 2.ed. Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, 31p. (EMBRAPA CNPGC. Documentos, 21), 1985.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, Brasil: Omnipax, 2011. 362 p.

PALMA-BAUTISTA, C.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; ROJANO-DELGADO, A. M.; DELLAFERRERA, I.; DOMÍNGUEZ-MARTÍNEZ, P. A.; DE PRADO, R. Low temperatures enhance the absorption and translocation of <sup>14</sup>C-glyphosate in glyphosate-resistant *Conyza sumatrensis*. **Journal of Plant Physiology**, v. 240, p. e153009, 2019.

SANTOS JR, A.; TUFFI SANTOS, L. D.; COSTA, G. A.; BARBOSA, E. A.; LEITE, G. L. D.; MACHADO, V. D.; CRUZ, L. R. Manejo da tiririca e trapoeraba com glyphosate em ambientes sombreados. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 213-221, 2013.

SANTOS, J. I.; AMARAL, C. L.; ALVES, P. L. C.; GASPARINO, E. C. Can light intensity influence the tolerance of *Synedrellopsis grisebachii* to glyphosate? **Weed Biology and Management**, v. 16, n. 1, p. 3-15, 2016.

SATICHIVI, N. M.; WAX, L. M.; STOLLER, E. W.; BRISKIN, D. P. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, v. 48, n. 6, p. 675-679, 2000.

SHARKHUU, A.; NARASIMHAN, M.L.; MERZABAN, J.S.; BRESSAN, R.A.; WELLER, S.; GEHRING, C. A red and far-red light receptor mutation confers resistance to the herbicide glyphosate. **The Plant Journal**, v.78, n. 6, p. 916-926, 2014.

TONI, L. R.; SANTANA, H. D.; ZAIA, D. A. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 829-833, 2006.

TRAVLOS, I.; CHEIMONA, N.; BILALIS, D. Glyphosate efficacy of different salt formulations and adjuvant additives on various weeds. **Agronomy**, v. 7, n. 3, p. 60, 2017.

TUFFI SANTOS, S. L. D; SANTOS, J. B.; FERREIRA, F.A.; OLIVEIRA, J. A.; BENTIVENHA S.; MACHADO A. F. L. Exsudação de glifosato radicular por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 369-74, 2008.

- VELINI, E. D.; MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C.A.; TRINDADE, M.L.B. **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, 2009. 493 p.
- VIDAL, R. A.; PAGNONCELLI JR, F.; FIPKE, M. V.; QUEIROZ, A. R. S.; BITTENCOURT, H. V. H.; TREZZI, M. M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de glifosato: síntese do conhecimento. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 24, p. 43-52, 2014.
- VITI, M. L.; ALVES, P. A. T.; MENDES, K. F.; PIMPINATO, R. F.; GUIMARÃES, A. C. D.; TORNISIELO, V. L. Translocation and root exudation of glyphosate by *Urochloa brizantha* and its transport on sugarcane and citrus seedlings. **Planta Daninha**, v. 37, e019183334, 2019.
- WALTZ, A. L.; MARTIN, A. R.; ROETH, F. W.; LINDQUIST, J. L. Glyphosate efficacy on velvetleaf varies with application time of day. **Weed Technology**, v. 18, n. 4, p. 931-939, 2004.
- YAMADA, T.; CASTRO, P. D. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Informações Agronômicas**, v. 119, p. 1-32, 2007.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo foram de grande importância no contexto da agricultura atual. Visando otimizar o tempo e evitar as condições climáticas adversas muitos produtores utilizam o glyphosate no período noturno com pouca ou nenhuma informação sobre a viabilidade desse uso.

Estudando a disponibilidade da luz como um elemento isolado foi possível conhecer a influência desse fator na absorção e translocação do glyphosate, podendo afirmar que esse fator influencia o comportamento do produto na planta. Mesmo que se tenha conseguido o controle da *Urochloa brizhanta* cv. Marandú nas diferentes condições de luminosidade, deve-se atentar que neste estudo as plantas foram cultivadas em vasos e conduzido em um período do ano de grande luminosidade (verão e início do outono). Como comprovadamente a luz favoreceu a atividade do herbicida, em período de dias nublados, ambientes sombreados ou para plantas cultivadas sob sombrites a aplicação noturna certamente acarretará em danos ao controle final das plantas.

A recomendação do uso do glyphosate no período diurno expande a atividade do herbicida, aumenta a possibilidade de sucesso no controle e reduz a probabilidade de novas infestações. Sendo, dessa forma, a recomendação mais correta do ponto de vista ambiental.