

ANA CAROLINE DE LOURDES PEREIRA ASSIS

**ABSORÇÃO FOLIAR COMO MECANISMO DE TOLERÂNCIA DA CEBOLA
AO FLUMIOXAZIN APLICADO NOS ESTÁDIOS INICIAIS**

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

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade Federal
de Viçosa - Câmpus Rio Paranaíba**

T

A848a
2018

Assis, Ana Caroline de Lourdes Pereira, 1993-
Absorção foliar como mecanismo de tolerância da cebola
ao flumioxazin aplicado nos estádios iniciais / Ana Caroline de
Lourdes Pereira Assis. – Rio Paranaíba, MG, 2018.
ix,32f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Marcelo Rodrigues dos Reis.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Composição química da cera. 2. Direcionamento de
aplicação. 3. Herbicida. I. Universidade Federal de Viçosa.
Campus UFV - Rio Paranaíba. Mestrado em
Agronomia-Produção Vegetal (campus CRP). II. Título.

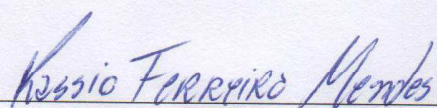
635.25

ANA CAROLINE DE LOURDES PEREIRA ASSIS

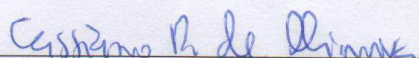
**ABSORÇÃO FOLIAR COMO MECANISMO DE TOLERÂNCIA DA CEBOLA
AO FLUMIOXAZIN APLICADO NOS ESTÁDIOS INICIAIS**

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

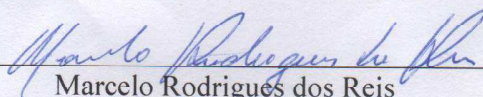
APROVADA: 2 de agosto de 2018



Kassio Ferreira Mendes



Cassiano Rodrigues de Oliveira
(Coorientador)



Marcelo Rodrigues dos Reis
(Orientador)

“ Eu vim de lá pequenininho,
Alguém me avisou pra pisar
nesse chão devagarinho...”

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e sabedoria.

A minha mãe Mariluci, este título é tão seu quanto meu. Obrigada por não permitir que eu voltasse para casa nas inúmeras vezes que pensei em desistir. Meu pai, Eudicy por sempre acreditar em mim.

Aos meus irmão José que é um verdadeiro exemplo e inspiração e Eudicy pelas conversas mais sábias e engraçadas que poderia ter.

À Maria Alice e Samuca por tornarem os dias mais leves e alegres.

Ao meu namorado Daniel, que além de todo companheirismo e apoio não mediu esforços para estar comigo em todas as etapas deste trabalho.

Ao orientador Professor Marcelo, pela paciência, ensinamentos e amizade ao longo de toda minha formação.

Ao Kassio que foi o grande responsável por me apresentar o mundo das plantas daninhas e por ter sido uma base nos primeiros anos de graduação.

Aos professores, que muito contribuíram para meu crescimento pessoal e acadêmico, em especial ao Professor Willian pelos conselhos e amizade, e ao Professor Cassiano pelos ensinamentos, disponibilidade e atenção a este projeto.

À Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba e ao Instituto de Ciências Agrárias, pela oportunidade e proporcionar condições de executar este trabalho.

Ao corpo técnico e administrativo da UFV pelo suporte em toda a pós graduação, em especial Sinara, Lais, Bruno, Helber, Danilo e Paulo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão das bolsas de estudo e pelo apoio financeiro.

Ao NEHPSOL, em especial a Valesca, Laís, Carolina, Deivide e Vitor os vasos se tornaram mais leves com o apoio e amizade de vocês.

Aos amigos que fiz em Rio Paranaíba (Layane, Priscila, Vanessa e “Galera do Fut”) por tornarem mais leve o fardo de estar longe de casa. E ao “Dannycreyds”, família é a melhor palavra que nos descreve.

Às pessoas que como Alexandra Elbakyan acreditam que a ciência não deve ser restrita e que indiretamente muito contribuiu para este trabalho.

A todos que direta ou indiretamente que contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ANA CAROLINE DE LOURDES PEREIRA ASSIS, filha de Eudicy Santana de Assis e Mariluci da Costa Pereira Assis, nasceu na cidade de Inhapim, Minas Gerais, em 13 de março de 1993.

Em agosto de 2016 graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil.

Em agosto de 2016, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós Graduação em Agronomia – Produção Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba, submetendo-se à defesa de dissertação em 02 de Agosto de 2018.

ÍNDICE

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. LITERATURA CITADA.....	3
3. TOLERÂNCIA DA CEBOLA AO FLUMIOXAZIN EM FUNÇÃO DA MODALIDADE DE APLICAÇÃO E LÂMINA D'ÁGUA	6
3.1. RESUMO.....	6
3.2. ABSTRACT.....	7
3.3. INTRODUÇÃO	8
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
3.6. CONCLUSÃO	14
3.7. LITERATURA CITADA	14
4. TOLERÂNCIA DE CEBOLA (<i>Allium cepa</i> L.) AO FLUMIOXAZIN EM FUNÇÃO DO TEOR E COMPOSIÇÃO DA CERA EPICUTICULAR	16
4.1. RESUMO.....	16
4.2. ABSTRACT.....	17
4.3. INTRODUÇÃO	18
4.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.6. CONCLUSÃO	30
4.7. LITERATURA CITADA	30
5. CONCLUSÃO GERAL	31

RESUMO

ASSIS, Ana Caroline de Lourdes Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2018. **Absorção foliar como mecanismo de tolerância da cebola ao flumioxazin aplicado nos estádios iniciais.** Orientador: Marcelo Rodrigues dos Reis. Coorientador: Cassiano Rodrigues de Oliveira.

A competição com as plantas daninhas reduz drasticamente a produtividade da cebola. O uso de herbicidas é uma alternativa viável no controle de plantas daninhas, entretanto, há poucas moléculas seletivas à cultura nos seus estádios iniciais. A tolerância diferencial por cultivares dificulta a recomendação de uso de herbicidas nesses estádios de maior sensibilidade. Contudo a redução de doses é uma alternativa no controle de plantas daninhas sem que o herbicida cause danos à cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância da cebola em função da modalidade de aplicação do flumioxazin e em função da cera epicuticular de oito cultivares, nos estádios de uma e três folhas. Para a avaliação da tolerância em função da modalidade de aplicação, os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 4 x 5 em que o primeiro fator corresponde à modalidade de aplicação (diretamente no solo, nas folhas, folhas e solo e sem aplicação - testemunha) e o segundo fator foi diferentes lâminas d'água (0; 2,5; 5; 7,5 e 10 mm). Para avaliar a tolerância da cebola em função da cera epicuticular, os tratamentos foram constituídos de um fatorial 8 x 3, sendo oito cultivares de cebola (Aquarius, Lucinda, Optima, Predileta, Sirius, Soberana, TPX 18612 e TPX 20561), nas doses 15 e 30 g ha⁻¹, 15 e 50 g ha⁻¹ e 0 g ha⁻¹ de flumioxazin aplicadas sequencialmente nos estádios de uma e três folhas, respectivamente. O experimento para avaliação do teor de cera em função dos estádios vegetativos foi montado num fatorial 5 x 2. O primeiro fator foram os estádios vegetativos (1, 2, 3, 4 e 5 folhas) e o segundo fator com e sem déficit hídrico. Avaliou-se intoxicação das plantas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), altura de plantas aos 14 e 28 DAA e massa de massa seca de folhas, bulbos e raiz aos 90 DAA. A intoxicação das plantas foram baixas (<20%). As massas de folhas, bulbos e raízes não apresentaram redução independente do direcionamento de aplicação e da interferência de lâmina de água. O maior acúmulo de cera foi observado no estádio de uma folha (8 µg cm⁻²) sem indução de déficit hídrico. A cultivar Aquarius apresentou 14% de redução na massa seca de folhas e 24% de redução de massa seca de bulbos. Contudo disso, apresentou maior acúmulo de cera (47,5 µg cm⁻²) no estádio de uma folha, todavia apresentou maior porcentagem de compostos apolares na sua composição (6%). O maior acúmulo de cera ocorreu no estádio de uma folha com indução de déficit

hídrico. Conclui-se que o uso do flumioxazin, na terceira folha da cebola não ocasiona danos na cultura independente da modalidade de aplicação e da interferência de lâmina d'água. A cultivar Aquarius demonstrou menor tolerância ao flumioxazin. O maior acúmulo de cera epicuticular foi observado no estádio de uma folha quando as plantas foram induzidas ao déficit hídrico.

ABSTRACT

ASSIS, Ana Caroline de Lourdes Pereira, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2018. **Foliar absorption as a mechanism of tolerance of onion to flumioxazin applied in the early stages.** Advisor: Marcelo Rodrigues dos Reis. Co-advisor: Cassiano Rodrigues de Oliveira

Weed competition drastically reduces onion productivity. The use of herbicides is a viable alternative to weed control, however, there are few molecules selective to the crop in their early stages. The differential tolerance for cultivars makes it difficult to recommend the use of herbicides in these more sensitive stages. However, dose reduction is an alternative in weed control without the herbicide causing crop damage. The objective of this work was to evaluate the tolerance of onion as a function of the flumioxazin application modality and as a function of the epicuticular wax of eight cultivars, in the one and three leaf stages. In order to evaluate the tolerance according to the modality of application, the treatments were arranged in a 4 x 5 factorial scheme in which the first factor corresponds to the application modality (directly on the soil, leaves, leaves and soil and without control application) and The second factor was different water depths (0; 2,5; 5; 7,5 and 10 mm). To evaluate the onion tolerance as a function of the epicuticular wax, the treatments consisted of an 8 x 3 factorial, being eight onion cultivars (Aquarius, Lucinda, Optima, Predileta, Sirius, Soberana, TPX 18612 and TPX 20561) at doses 15 and 30 g ha⁻¹, 15 and 50 g ha⁻¹ and 0 g ha⁻¹ of flumioxazin applied sequentially in the one- and three-leaf stages, respectively. The experiment to evaluate the wax content in function of the vegetative stages was set up in a 5 x 2 factorial. The first factor was the vegetative stages (1, 2, 3, 4 and 5 leaves) and the second factor with and without water deficit. Plant intoxication was evaluated at 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA), plant height at 14 and 28 DAA, and mass of leaf, bulb and root dry mass at 90 DAA. Plant intoxication was low (<20%). Leaf, bulb and root masses showed no reduction in application orientation and water blade interference. The largest accumulation of wax was observed at the leaf stage (8 µg cm⁻²) without induction of water deficit. The cultivar Aquarius showed a 14% reduction in dry leaf mass and 24% reduction in dry mass of bulbs. However, it presented a higher accumulation of wax (47,5µg cm⁻²) in the leaf stage, however, it presented a higher percentage of apolar compounds in its composition (6%). The largest accumulation of wax occurred at the leaf stage with induction of water deficit. It is concluded that the use of flumioxazin in the third leaf of the onion does not cause damages in the culture

independent of the application modality and the interference of water blade. *Aquarius* showed lower tolerance to flumioxazin. The highest accumulation of epicuticular wax was observed at the leaf stage when the plants were induced to the water deficit.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Em cultivos de cebola o sucesso para alcançar grandes produtividades deve-se ao controle de plantas daninhas, visto que em cultivos com altas infestações pode ocorrer redução de até 100% de bulbos comerciais (Simon *et al.*, 2012). A cebola é uma fraca competidora devido à grande disponibilidade hídrica e de nutrientes favorecendo o crescimento de plantas daninhas. Outros fatores são seu lento crescimento e lento sombreamento do solo, uma vez que suas folhas são cilíndricas e eretas (Wickset *et al.*, 1973).

Como principais formas de controle adota-se o controle mecânico por meio de capinas manuais e o controle químico com uso de herbicidas. Capina manual, todavia, é um método com maior custo benefício uma vez que é menos eficiente em períodos chuvosos ou em locais de irrigação e com plantas daninhas de propagação vegetativa. Adotando assim, como melhor custo benefício o uso de herbicidas (Sankaret *et al.*, 2015).

Contudo, o baixo número de princípios ativos seletivos à cebola nos seus estádios iniciais, dificulta o controle inicial das plantas daninhas na cebola, aumentando o tempo de convivência com plantas daninhas, o que reflete como perdas na produtividade final. Em semeadura direta, o período de convivência com as plantas daninhas não deve ultrapassar os 21 dias sem ocasionar redução na produtividade (Qasem, 2006), entretanto, a cebola demora mais de 28 dias para atingir o estágio de quatro folhas estando em competição com as plantas daninhas (Oliveira Jr. *et al.*, 1997), até se permitir a aplicação do flumioxazin.

O flumioxazin *N*-(7-fluoro-3,4-dihydro-3-oxo-4-prop-2-ynyl-2*H*-1,4-benzoxazin-6-yl)cyclohex-1-ene-1,2-dicarboxamide é um herbicida inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX). Atua, na presença de luz e oxigênio, ao inibir a PROTOX, impede a conversão de protoporfirinogênio IX para protoporfirina IX induzindo acumulação maciça de porfirinas, e aumentando a peroxidação de lipídios de membrana, o que leva a danos irreversíveis da função da membrana e estrutura de plantas suscetíveis (Duke *et al.*, 1991). Como características físico-químicas este herbicida apresenta baixa solubilidade em água 1,79 mgL⁻¹, baixa lixiviação, e baixa persistência, sendo o seu tempo de meia-vida de 12 a 32 dias (Mueller *et al.*, 2014) e possui eficiência no controle de plantas daninhas quando aplicado em pré-emergência, é sorvido na matéria orgânica do solo e o pH não influencia sua retenção no solo (Jaremtchuk *et al.*, 2009).

Utilizado em culturas como soja, feijão, milho, algodão e cebola a partir da quarta folha, o flumioxazin controla um grande espectro de plantas daninhas tanto mono quanto eudicotiledônea (MAPA, 2018). Este herbicida tem mostrado um grande potencial de uso na cultura da cebola, apesar dos efeitos fitotóxicos quando aplicado nos estádios iniciais, a redução de doses permite o controle de plantas daninhas com segurança sem ocasionar danos irreversíveis à cebola podendo ainda se fazer o uso de aplicações sequenciais do herbicida para maior eficácia de controle das plantas daninhas. Dessa forma, reduz-se o efeito fitotóxico causado por ele na cultura da cebola, mantendo-a livre de competição nos períodos mais críticos para seu desenvolvimento (Loken&Hatterman-Valenti, 2010).

O uso de herbicidas em cebola deve levar em consideração a cultivar escolhida, uma vez que as características genéticas e fenotípicas de cada cultivar pode determinar sua maior ou menor tolerância a herbicidas (Ferreira & Costa, 1983). Tolerância trata-se da capacidade de sobrevivência e reprodução quando submetida à aplicação de um herbicida em dose letal para outras espécies, de modo que este não cause danos irreversíveis à planta tolerante. Para sua função de herbicida a molécula precisa ser absorvida e translocada até seu sítio de ação. Assim, a primeira barreira física e mecanismos de tolerância da cebola aos herbicidas são a presença e característica da cera epicuticular nas folhas (Oliveira Jr. *et al.*, 2011).

A cera também é a primeira barreira contra a perda de água. Essa barreira é sólida e parcialmente cristalizada formada por cadeias alifáticas lineares que podem conter compostos das classes dos alcanos, álcoois, ácidos, ésteres, entre outros que influenciarão na sua polaridade e conseqüentemente na facilidade de penetração (Schreiber, 2010). Então, essa barreira atua na absorção de herbicidas, assim, herbicidas com maior afinidade química à cera terão menor dificuldade de penetração na planta causando maiores danos na cebola. Ao retirar a cera das folhas da cebola com aplicação de Tween 0,1%, faz com que a perda da barreira protetora propicia a maior absorção de herbicidas, deixando as plantas menos tolerantes (Ferreira & Costa, 1982).

A formação de cera pode ser influenciada por fatores bióticos e abióticos como genes de indução, hormônios como o ácido abscísico (ABA), estresses bióticos como presença de pragas e abióticos como déficit hídrico, temperatura e luminosidade (Yang *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2015).

A classificação do teor de cera foliar na cebola ainda é feita por meio visual baseada em escala de notas de 1 a 5. A nota 1 é dada a materiais que não apresentam cerosidade, a nota 3 é dada a grupos de cerosidade intermediária e a nota 5 a materiais muito cerosos. Essa classificação é realizada com base na coloração das folhas. Os materiais com maior deposição de cera apresentam folhas de coloração verde-opaca, tornando-se cada vez menos intensa com o decréscimo da deposição de cera até o grupo 1 que têm coloração verde brilhante, devido à ausência do material protetor (Ferreira & Costa, 1983). Porém, neste trabalho foi quantificado e qualificado a cera por meio de extração e análises cromatográficas, pois a coloração pode sofrer influências de fatores externos sem que estes alterem, de fato, o teor da cera.

Aliado à tolerância conferida pela cera, outra forma de induzir a tolerância da cebola se daria pela menor absorção do herbicida devido à aplicação de lâmina de água, após a aplicação do herbicida. Alguns herbicidas têm sua eficiência diminuída em função do tempo de chuvas decorridas após a aplicação (Feng *et al.*, 2000; Souza *et al.*, 2014), assim, pode “lavar” o herbicida da superfície foliar da cebola, de modo que ele permaneça biologicamente ativo no solo.

Diante do exposto, uma alternativa de manejo é associar métodos de controle que induzam uma maior competitividade da cebola em relação às plantas daninhas. O objetivo deste trabalho foi avaliar em casa-de-vegetação, os mecanismos que influenciam na tolerância da cebola ao flumioxazin em função da modalidade de aplicação do herbicida e da cera epicuticular.

2. LITERATURA CITADA

- Duke, S.O.; Lydon, J.; Becerril, J.M.; Sherman, T.D.; Lehnen, L.P.; Matsumoto, H. Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v.39, n.1, p.465-473, 1991.
- Feng, P. C.; Sandbrink, J. J.; Sammons, R. D. Retention, uptake, and translocation of ¹⁴C-glyphosate from track-spray applications and correlation to rainfastness in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Technology**, v.14, n.1, p.127-132, 2000.
- Ferreira, P. V.; Costa, C. P. Comportamento varietal de cebola (*Allium cepa* L.) do grupo ceroso em relação à velocidade de reposição de cera foliar. **Brazilian Journal of Genetics**, v.6, n.1, p.709-717, 1983.

- Ferreira, P. V.; Costa, C. P. Efeito da cerosidade foliar na reação de variedades de cebola (*Allium cepa* L.) a herbicidas de pós-emergência. **Planta Daninha**, v.2, n.1, p.29-35, 1982.
- Jaremtchuk, C. C.;Constantin, J.; Oliveira Jr., R. S.; Alonso, D. G.; Arantes, J. G. Z.;Biffe, D. F.;Roso, A. C.; Cavalieri, S. D. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **PlantaDaninha**, v.27, n.1, p.191-196, 2009.
- Loken, J. R.; Hatterman-Valenti, H. M. Multiple applications of reduced-rate herbicides for weed control in onion. **Weed Technology**, v.24, n.2, p.153-159, 2010.
- MAPA - Ministério da Agricultura. AGROFIT- **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em:<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>Acesso em: 12 set. 2018
- Mueller, T. C.; Boswell, B. W.; Mueller, S. S.; Steckel, L. E. Dissipation of fomesafen, saflufenacil, sulfentrazone, and flumioxazin from a Tennessee soil under field conditions. **Weedscience**, v.62, n.4, p.664-671, 2014.
- Oliveira Jr., R. S.; Constantin, J.; Inoue, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**, Curitiba, PR: Omnipax, 2011. 348 p.
- Oliveira Jr., R. S.; Silva, J. F.; Ferreira, L. R.; Reis, F. P. Sensibilidade de cultivares de cebola (*Allium cepa* L.) implantados por semeadura direta ao oxyfluorfen aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da planta. **Ceres**, v.44, n.251, p.1-16, 1997.
- Qasem, J. R. Response of onion (*Allium cepa*) plants to fertilizers, weed competition duration, and planting times in the central Jordan Valley. **Weed Biology and Management**, v.6, n.4, p.212-220, 2006.
- Sankar, V.; Thangasamy, A.; Lawande, K. E. Weed management studies in onion (*Allium cepa*L.) cv N-2-4-1 during rabi season. **International Journal of Tropical Agriculture**, v.33, n.2, p.627-631, 2015.
- Schreiber, L. Transport barriers made of cutin, suberin and associated waxes. **Trends in Plant Science**, v.15, n.10, p.546-553, 2010.
- Simon, L. J.; Mont-Gerard, J.; Sander, J. Effect of early season weed competition duration on onion yield. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.125, n.1, p.226-228, 2012.

- Silva, V. C. P. D.; Bettoni, M. M.; Bona, C.; Foerster, L. A. Morphological and chemical characteristics of onion plants (*Allium cepa* L.) associated with resistance to onion thrips. **ActaScientiarum. Agronomy**, v.37, n.1, p.85-92, 2015.
- Souza, G. S. F.; Martins, D.; Pereira, M. R. R.; Bagatta, M. V. B. Action of rain on the efficiency of herbicides applied post-emergence in the control of *Sennaobtusifolia*. **RevistaCiênciaAgronômica**, v.45, n.3, p.550-557, 2014.
- Wicks, G. A.; Johnson, D. N.; Nuland, D. S.; Kinbacher, E. J. Competition between annual weeds and sweet Spanish onions. **Weed Science**, v.21, n.1, p.436–439, 1973.
- Yang, J.; Ordiz, M. I.; Jaworski, J. G.; Beachy, R. N. Induced accumulation of cuticular waxes enhances drought tolerance in Arabidopsis by changes in development of stomata. **PlantPhysiologyandBiochemistry**, v.49, n.12, p.1448-1455, 2011.

3. TOLERÂNCIA DA CEBOLA AO FLUMIOXAZIN EM FUNÇÃO DA MODALIDADE DE APLICAÇÃO E LÂMINA D'ÁGUA

3.1. RESUMO

A cebola é uma cultura sensível à competição com plantas daninhas e também aos herbicidas recomendados. O flumioxazin é um herbicida recomendado para cebola, todavia, a aplicação deve ser realizada após a quarta folha. A aplicação tardia de herbicidas em cebola de semeadura direta pode não ser eficiente no controle das plantas daninhas, onerando os custos de produção com capinas manuais. Desta forma a aplicação em estádios iniciais em doses reduzidas pode ser uma alternativa para maior tolerância da cultura à aplicação do flumioxazin. Objetivou-se avaliar a tolerância da cebola ao flumioxazin em função do direcionamento da aplicação e de lâminas de água na cebola, no estágio de três folhas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação. Os tratamentos constaram em um fatorial 4 x 5 em que o primeiro fator corresponde à modalidade de aplicação (diretamente no solo, nas folhas, folhas e solo e sem aplicação - testemunha) e o segundo fator diferentes lâminas d'água (0; 2,5; 5; 7,5 e 10 mm). A dose de flumioxazin foi de 50 g ha⁻¹ em todos os tratamentos. Avaliou-se intoxicação das plantas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), altura de plantas aos 14 e 28 DAA e massa seca de folhas, bulbos e raiz aos 90 DAA. As plantas submetidas a aplicação diretamente na folha e na folha e no solo, sem a aplicação de lâmina de água apresentaram sintomas de 19% de intoxicação. As massas de folhas, bulbos e raízes não apresentaram redução independente do direcionamento de aplicação e da interferência de lâmina de água. Conclui-se que o uso do flumioxazin aplicado na terceira folha da cebola não ocasionou danos na cultura, independente da modalidade de aplicação e da interferência de lâmina d'água.

Palavras chave: *Allium cepa* L.; direcionamento de aplicação; herbicida; irrigação.

TOLERANCE OF ONION TO FLUMIOXAZIN AS RESULT OF THE MODE OF APPLICATION AND WATER DEPTHS

3.2. ABSTRACT

The onion is a crop sensitive to competition with weeds as well as recommended herbicides. Flumioxazim is a recommended herbicide for onion, however, application should be performed after the fourth leaf. The late application of herbicides to direct seeded onions is inefficient for weed control, and costs the production with manual weeding. Therefore, the application in the early stages at reduced doses may be an alternative for greater tolerance of the culture to the application of flumioxazin. The objective of this study was to evaluate the tolerance of onion to flumioxazin as a function of the application direction and water depths in the onion, in the three leaf stage. The experiment was conducted in greenhouse. The treatments consisted of a 4 x 5 factorial in which the first factor corresponds to the application modality (directly on the soil, leaves, leaves and soil and a control without application) and the second factor different water depths (0; 2,5; 5; 7,5 and 10 mm). The dose of flumioxazin was 50 g ha⁻¹ in all treatments. Plant intoxication was evaluated at 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA), plant height at 14 and 28 DAA and dry mass of leaves, bulbs and roots at 90 DAA. The plants submitted to application directly to leaf and leaf and soil, without the application of water depth showed symptoms of 19% intoxication. Leaf, bulb and root masses showed no reduction in application orientation and water blade interference. It is concluded that the use of flumioxazin applied on the third leaf of the onion did not cause damages in the culture, regardless of the application modality and the interference of water depths.

Keywords: *Allium cepa* L.; application targeting; herbicide; irrigation.

3.3. INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma olerícola de grande importância econômica no cenário nacional. A produção nacional no ano de 2015 foi 1,5 milhões de toneladas, com produtividade média de 27 t ha⁻¹, porém em alguns Estados como Minas Gerais e Distrito Federal a produtividade média está acima de 50t ha⁻¹(IBGE, 2017).

O controle de plantas daninhas está relacionado com a produtividade uma vez que cultivos com altas infestações podem levar a redução total de bulbos comerciais. O uso de herbicidas é uma alternativa eficaz, de alto rendimento e com melhor custo benefício no controle de plantas daninhas em cebola. O herbicida, entretanto, necessita ser absorvido e translocado pelas plantas para chegar em seu sítio de ação e causar efeito na planta. A absorção pode se dar pelas folhas, caules e raízes, e eficiência do herbicida está relacionada com o mecanismo de absorção das plantas. Uma vez que a modalidade de aplicação de herbicidas inibidores da PROTOX pode influenciar na tolerância das plantas por menor absorção do herbicida (Trezzi *et al.*, 2009).

Nas folhas, a cutícula atua como barreira impedindo a absorção de herbicidas. A sua espessura e composição são fatores determinantes para a absorção, uma vez que podem facilitar a absorção dos herbicidas (Forster&Kimberley, 2014). Além disso, a ocorrência de chuvas ou irrigação logo após a aplicação de herbicidas pode comprometer a eficiência do mesmo e a tolerância da cultura, uma vez que podem ser "lavados" das folhas antes de absorvidos (Jakelaitis *et al.*, 2003).

No entanto, em cultivos de semeadura direta, a cebola é uma competidora mais fraca até o seu estabelecimento, no campo, sendo mais sensível a danos mecânicos ocasionados pela capina manual e a herbicidas, utilizados nos estádios iniciais da cultura, provocando o crescimento reduzido devido a efeitos fitotóxicos (Ferreira *et al.*, 1999).

O flumioxazim atua como inibidor da enzima PROTOX, que leva ao acúmulo de protoporfirinogênio IX, posteriormente ocorre a peroxidação de lipídeos das membranas devido à ação da luz e de oxigênio reativo (Duke *et al.*, 1991) Sua ação de contato se deve a sua rápida absorção foliar e baixa translocação (Roman *et al.*, 2007). Contudo, também tem ação no solo, sendo também recomendado seu uso em pré-emergência. Este herbicida é caracterizado como pouco lixiviável e não dissociável, tem solubilidade em água de 1,79 mg L⁻¹ e o pH pouco influencia sua solubilidade e seu comportamento no solo, tem atividade residual no solo moderada com tempo de meia-vida de 10 a 32 dias (Alister *et al.*, 2008; Mueller *et al.*, 2014).

O flumioxazin é um herbicida é recomendado para a cultura a partir da quarta folha, contudo, seu uso tardio na cultura pode ser ineficiente, ocasionando redução na produtividade da cebola (Souza *et al.*, 2015).

Em semeadura direta, a cebola demora mais de 28 dias para atingir o estágio de 4 folhas, nesse período, as plantas daninhas se encontram com 7 a 8 folhas e até 15 cm de altura (Oliveira Jr. *et al.*, 1997). Contudo, o período mínimo de convivência em que a cebola por semeadura direta pode estar em competição com plantas daninhas são de 21 dias, entretanto, em cultivos com altas doses de fertilizantes ocorre um rápido crescimento de plantas daninhas, reduzindo em 84% a produtividade (Qasem, 2006).

Diante do exposto, se faz necessário conhecer qual a rota preferencial de absorção da cebola ao flumioxazin para adotar o manejo mais adequado sem que esta cause danos à cultura. Assim, o objetivo foi avaliar a tolerância da cebola ao flumioxazin em função do direcionamento da aplicação e de lâminas de água na cebola, no estágio de três folhas.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação pertencente à Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba - MG em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso de 5 dm³ contendo oito plantas de cebola, cultivar Soberana. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, coletado em uma profundidade de 0-10 cm, peneirado em malha de 5 mm.

Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 4 x 5 em que o primeiro fator corresponde à modalidade de aplicação (diretamente no solo, nas folhas, folhas e solo e sem aplicação - testemunha) e o segundo fator diferentes lâminas d'água (0; 2,5; 5; 7,5 e 10 mm). A dose de flumioxazin foi de 50 g ha⁻¹ em todos os tratamentos.

A proteção das folhas foi feita com sacos plásticos de dimensão 5 x 24 x 0,1 cm e o solo foi protegido isolando no vaso com plástico filme de modo que as folhas ficaram totalmente expostas.

A aplicação do herbicida foi feita por um pulverizador costal pressurizado a CO₂, operando à pressão constante de 2,0 kgf cm⁻², equipado com barra de duas pontas TT 110.02 espaçadas de 50 cm, a uma altura de 50 cm do alvo, e volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. Logo após a aplicação do herbicida foi realizada a aplicação da lâmina de água por um pulverizador costal manual Jacto PJH-20 com ponta tipo leque 110.02 a 50 cm do alvo.

Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) do herbicida foi avaliado a intoxicação das plantas por meio de escala de notas na qual 0% representa nenhum injúria e 100% a morte total das plantas, conforme a metodologia descrita pela SBCPD (1995). Aos 14 e 28 DAA, foi avaliado a altura das plantas e aos 90 DAA o material vegetal foi coletado e separado em folhas, bulbos e raízes e levados para estufa de circulação forçada em 72°C por 48 horas para mensuração da massa seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, por meio do Software Spreadsheet Program para Estatística Experimental e Descritiva - SPEED Stat (Carvalho & Mendes, 2017).

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores modalidade de aplicação e lâmina d'água foi significativa. Observou-se intoxicação das plantas de ~19% aos 7 DAA, quando não houve aplicação de lâmina de água e a aplicação foi direcionada nas folhas e nas folhas e no solo, os sintomas da cebola foram diminuindo com o aumento da lâmina d'água tendo aproximadamente 2% de intoxicação na maior lâmina (10 mm). A aplicação direcionada somente no solo ocasionou baixa intoxicação (2%), independente da aplicação da lâmina d'água. (Tabela 1 e Figura 1 (a)).

Tabela 1 – Intoxicação (%) de plantas de cebola aos 7 dias após a aplicação de flumioxazin, Rio Paranaíba, MG (2018)

Lâmina d'água (mm)	Aplicação									
	Testemunha		Folha		Solo + Folha		Solo		Média	
0	0,00	Ca	19,75	Aa	19,50	Aa	2,25	Ba	10,38	a
2,5	0,00	Ca	6,75	Ab	6,50	Ab	1,75	Ba	3,75	b
5	0,00	Ba	2,00	Ac	2,25	Ac	2,25	Aa	1,63	c
7,5	0,00	Ba	1,75	Ac	1,50	Ac	1,75	Aa	1,25	c
10	0,00	Ba	2,25	Ac	2,25	Ac	2,00	Aa	1,63	c
Média	0,00	C	6,50	A	6,40	A	2,00	B		
C.V. (%):	14,08									
F _{Aplicação}	768,67**									
F _{Água}	860,64**									
F _{Interação}	278,97**									

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. *Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; Coeficiente de Variação (C.V.)

A altura das plantas não apresentou diferença entre os tratamentos nas datas avaliadas permanecendo em 15 cm aos 14 DAA e 25 cm aos 28 DAA (Tabelas 2 e 3, respectivamente). Os sintomas apresentados nas folhas foram pontos cloróticos, no local de deposição do herbicida que desapareceram aos 14 DAA. Isso deve-se devido a principal forma de absorção deste herbicida ser via foliar, e por se tratar de um herbicida de ação por contato, assim os sintomas da cebola neste estudo foram principalmente nas folhas expandidas no momento da aplicação e não foram apresentados sintomas nas folhas novas.

Tabela 2 - Altura (cm) de plantas de cebola aos 14 e 28 dias após a aplicação de flumioxazin, Rio Paranaíba, MG (2018)

14 dias após a aplicação										
Lâmina d'água(mm)	Aplicação									
	Testemunha		Folha		Solo + Folha		Solo		Média	
0	16,76	Aa	18,76	Aa	18,49	Aa	18,39	Aa	18,10	a
2,5	17,90	Aa	16,44	Aa	18,36	Aa	16,70	Aa	17,35	a
5	16,70	Aa	16,54	Aa	17,62	Aa	19,04	Aa	17,48	a
7,5	20,49	Aa	17,59	Aa	17,36	Aa	17,31	Aa	18,19	a
10	19,56	ABa	19,77	ABa	15,62	Ba	20,86	Aa	18,95	a
Média	18,28	A	17,82	A	17,49	A	18,46	A		
C.V. (%):	12,52									
F _{Aplicação}	0,76 ^{ns}									
F _{Água}	1,29 ^{ns}									
F _{Interação}	1,89 ^o									

28 dias após a aplicação										
Lâmina d'água (mm)	Aplicação									
	Testemunha		Folha		Solo + Folha		Solo		Média	
0	24,71		24,31		26,12		27,86		25,75	
2,5	24,37		22,76		24,81		23,78		23,93	
5	26,73		21,89		22,01		25,44		24,02	
7,5	25,28		23,56		22,30		24,12		23,81	
10	25,49		27,07		21,68		25,83		25,02	
Média	25,32		23,92		23,38		25,41			
C.V. (%):	13,08									
F _{Aplicação}	2,00 ^{ns}									
F _{Água}	1,12 ^{ns}									
F _{Interação}	1,09 ^{ns}									

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. *Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; ^oSignificativo a 10% de probabilidade; Coeficiente de Variação (C.V.)

A aplicação de 56 g ha⁻¹ de flumioxazin entre a segunda e terceira folha de *A. cepa* L., em semeadura direta ocasionou intoxicação de 10% nas plantas e aproximadamente

20% de redução na altura, entretanto, os danos iniciais causados por este herbicida na cebola, não afetaram negativamente a produtividade (Norsworthy *et al.*, 2007). Herrmann *et al.* (2017), ao avaliar micro doses de flumioxazin (de 36 até 72 g ha⁻¹) entre os estádios de duas a quatro folhas de cebola em semeadura direta, apenas observaram uma intoxicação reversível de 20%, sem causar redução na produtividade final, e essas doses, ainda foram suficientes para o controle de até 100% das plantas daninhas.

A massa seca de folhas teve redução de aproximadamente 15% em relação à testemunha quando a aplicação foi direcionada nas folhas e nas folhas e no solo, independente da aplicação ou não de lâmina de água (Tabela 4). Essa redução, entretanto, não foi observada na massa seca da raiz e bulbos (Tabelas 5 e 6). Para a variável massa seca de bulbos o direcionamento da aplicação e a aplicação de lâmina d'água não foram significativos (Tabela 5).

Oliveira Jr. *et al.* (1997), avaliaram a suscetibilidade de três cultivares de cebola ao oxyfluorfen e observaram que todas as cultivares já apresentavam tolerância ao herbicida quando a aplicação foi realizada a partir do segundo par de folhas. Essa tolerância variável pode ocorrer em função da variação do teor de cera impedindo a absorção do herbicida. O mesmo pode ter ocorrido no presente trabalho, uma vez que estes herbicidas pertencem ao mesmo mecanismo de ação.

Tabela 4 - Massa seca (g) de folhas de cebola aos 90 dias após a aplicação de flumioxazin, Rio Paranaíba, MG (2018)

Lâmina d'água (mm)	Aplicação				Média
	Testemunha	Folha	Solo + Folha	Solo	
0	2,66 a	2,17 a	2,58 a	2,34 a	2,44
2,5	2,87 a	2,68 a	1,99 a	2,64 a	2,55
5	2,91 a	2,60 a	2,86 a	2,90 a	2,82
7,5	3,30 a	2,66 a	2,44 a	2,74 a	2,78
10	2,86 a	2,36 b	2,32 b	2,27 ab	2,45
Média	2,92 a	2,49 b	2,44 b	2,58 ab	
C.V. (%):	18,68				
F _{Aplicação}	3,91*				
F _{Água}	2,22 ^{ns}				
F _{Interação}	0,81 ^{ns}				

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. *Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; Coeficiente de Variação (C.V.)

O flumioxazin (25 a 40 g ha⁻¹) possui efeito residual no solo, controlando plantas daninhas tanto mono quanto eudicotiledôneas (Jaremtchuk *et al.*, 2009), desta forma, a

aplicação de lâmina de água é vista como uma alternativa viável, pois ao retirar a água disposta nas folhas confere maior tolerância à cebola, possibilitando que o flumioxazin ainda tenha efeito no controle das plantas daninhas, ao absorvê-lo via sistema radicular. Trezziet *al.* (2009) avaliaram controle de *Euphorbia heterophylla* inibidores da PROTOX e observaram maior eficiência no controle quando os herbicidas são aplicados no solo.

Tabela 5 - Massa seca (g) de bulbos de cebola aos 90 dias após a aplicação de flumioxazin, Rio Paranaíba, MG (2018)

Lâmina d'água (mm)	Aplicação								Média	F _{Aplicação}	F _{Água}	F _{Interação}
	Testemunha		Folha		Solo + Folha		Solo					
0	2,36	Aa	2,73	Aa	2,91	Aa	3,31	Aa	2,83	a		
2,5	2,62	Aa	2,72	Aa	2,51	Aa	2,11	Aa	2,49	a		
5	2,89	Aa	2,29	Aa	2,73	Aa	3,37	Aa	2,82	a		
7,5	3,20	Aa	2,08	Aa	2,38	Aa	2,22	Aa	2,47	a		
10	2,85	ABa	3,34	Aa	1,79	Ba	2,64	ABa	2,65	a		
Média	2,78	A	2,63	A	2,46	A	2,73	A				
C.V. (%)	30,50											
F _{Aplicação}	0,57 ^{ns}											
F _{Água}	0,69 ^{ns}											
F _{Interação}	1,45 [~]											

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. ~ Significativo a 25% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; Coeficiente de Variação (C.V.)

Tabela 6 - Massa seca (g) de raiz de cebola aos 90 dias após a aplicação de flumioxazin, Rio Paranaíba, MG (2018)

Lâmina d'água (mm)	Aplicação				Média
	Testemunha	Folha	Solo + Folha	Solo	
0	1,74	1,52	1,52	1,51	1,57
2,5	1,78	1,62	1,47	1,93	1,70
5	1,65	1,89	1,64	1,65	1,71
7,5	1,69	1,70	1,61	1,58	1,65
10	1,37	1,60	1,37	1,32	1,41
Média	1,65	1,67	1,52	1,60	
C.V. (%)	25,12				
F _{Aplicação}	0,50 ^{ns}				
F _{Água}	1,44 ^{ns}				
F _{Interação}	0,41 ^{ns}				

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; Coeficiente de Variação (C.V.)

3.6. CONCLUSÃO

O flumioxazin aplicado na terceira folha da cebola não ocasionou danos na cultura independente do modo de aplicação e da interferência de lâmina d'água.

3.7. LITERATURA CITADA

- Alister, C.; Rojas, S.; Gómez, P.; Kogan, M. Dissipation and movement of flumioxazin in soil at four field sites in Chile. **Pest Management Science**, v.64, n.5, p.579-583, 2008.
- Carvalho, A.M.X.; Mendes, F.Q. SPEED Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. **Anaisda 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**, 2017. 333pp.
- Ferreira, L. R.; Durigan, J. C.; Churata-Masca, M. G. Eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura da cebola em semeadura direta. **PlantaDaninha**, v.17, n.1, p.63-72, 1999.
- Forster, W. A.; Kimberley, M. O. The contribution of spray formulation component variables to foliar uptake of agrichemicals. **Pest Management Science**, v.71, n.9, p.1324-1334, 2015.
- Herrmann, C. M.; Goll, M. A.; Phillippo, C. J.; Zandstra, B. H. Postemergence weed control in onion with bentazon, flumioxazin, and oxyfluorfen. **Weed Technology**, v.31, n.2, p.279-290, 2017.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático de produção agrícola**, v. 30 n.1, p.1-81, 2017. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2017/lspa_201701.pdf>. Acessado em:13/04/2018.
- Jakelaitis, A.; Silva, A. C.; Silva, A. A.; Machado, A. F. L.; de Freitas, G. L. Efeitos da chuva sobre a eficácia de formulações de glyphosate no controle de *Brachiariadecumbens*. **Ceres**, v.50, n.290, p.461-469, 2015.
- Jaremtchuk, C. C.; Constantin, J.; Oliveira Jr., R. S.; Alonso, D. G.; Arantes, J. G. Z.; Biffe, D. F.; Roso, A. C.; Cavalieri, S. D. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **PlantaDaninha**, v.27, n.1, p.191-196, 2009.

- Mueller, T. C.; Boswell, B. W.; Mueller, S. S.; Steckel, L. E. Dissipation of fomesafen, saflufenacil, sulfentrazone, and flumioxazin from a Tennessee soil under field conditions. **Weed Science**, v.62, n.4, p.664-671, 2014.
- Norsworthy, J. K.; Smith, J. P.; Meister, C. Tolerance of direct-seeded green onions to herbicides applied before or after crop emergence. **Weed Technology**, v.21, n.1, p.119-123, 2007.
- Oliveira Jr., R. S.; Silva, J. F.; Ferreira, L. R.; Reis, F. P. Sensibilidade de cultivares de cebola (*Allium cepa* L.) implantados por semeadura direta ao oxyfluorfen aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da planta. **Ceres**, v.44, n.251, p.1-16, 1997.
- Qasem, J. R. Response of onion (*Allium cepa*) plants to fertilizers, weed competition duration, and planting times in the central Jordan Valley. **Weed Biology and Management**, v.6, n.4, p.212-220, 2006.
- Roman, E. E.; Beckie, H.; Vargas, L.; Hall, L.; Rizzardi, M. A.; Wolf, T. M. **Como funcionamos herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160 p.
- Souza, J. I.; Maciel, C. D. G.; Jadoski, S. O.; Silva, A. A. P.; Matias, J. P. Resposta à aplicação sequencial tardia de herbicidas na cultura da cebola transplantada em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.8, n.2, p.25-33, 2015.
- Trezzi, M. M.; Vidal, R. A.; Kruse, N. D.; Silva, R. P. D.; Gustmann, M. S.; Franchin, E. Local de absorção de fomesafen como mecanismo de resistência em biótipo de *Euphorbia heterophylla* resistente aos inibidores da PROTOX. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.139-148, 2009.
- SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.
- Duke, S. O.; Lydon, J.; Becerril, J. M.; Sherman, T. D.; Lehnert, L. P.; Matsumoto, H. Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v.39, n.3, p.465-473, 1991.

4. TOLERÂNCIA DE CEBOLA (*Allium cepa* L.) AO FLUMIOXAZIN EM FUNÇÃO DO TEOR E COMPOSIÇÃO DA CERA EPICUTICULAR

4.1. RESUMO

O flumioxazin é uma alternativa no controle de plantas daninhas em cebola, no entanto, ele se mostra seletivo após o estágio de quatro folhas. Dentre os mecanismos de tolerância da cultura ao uso de herbicidas destaca-se a presença de cera epicuticular nas folhas de cebola, contudo, o seu teor é variável em diferentes cultivares. Os objetivos deste trabalho foram quantificar e caracterizar o teor de cera epicuticular em diferentes cultivares de cebola e relacionar à sua tolerância ao flumioxazin nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura e, avaliar o teor de cera em diferentes estádios vegetativos sob de déficit hídrico. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado. No primeiro experimento, os tratamentos foram constituídos de um fatorial 8x3, sendo oito cultivares de cebola (Aquarius, Lucinda, Optima, Predileta, Sirius, Soberana, TPX 18612 e TPX 20561) com aplicação sequencial de flumioxazin nos estádios de uma e três folhas em casa-de-vegetação, nas doses 0, 15 e 30 g ha⁻¹, na primeira folha e 0, 15 e 50 g ha⁻¹, na terceira folha. O segundo experimento consistiu em um fatorial 5x2, em que o primeiro fator foram estádios vegetativos (1, 2, 3, 4 e 5 folhas) e o segundo fator com e sem déficit hídrico. As avaliações realizadas foram intoxicação, altura das plantas, massa seca de raízes, bulbo e parte aérea. Foi quantificado o teor de cera foliar e as análises dos seus constituintes foram realizadas por meio de cromatografia a gás acoplada a espectrômetro de massas. O maior acúmulo de cera ocorreu no estágio de uma folha sem indução de déficit hídrico. A cultivar Aquarius apresentou 14% de redução na massa seca de folhas e as cultivares Aquarius e Lucinda apresentaram redução de massa seca de bulbos (24% e 22%), maior acúmulo de cera (47,5 µg cm²) no estágio de uma folha, todavia apresentou maior porcentagem de compostos apolares na sua composição (6%). Conclui-se que a cultivar Aquarius demonstrou menor tolerância ao flumioxazin.

Palavras chave: composição química, quantificação cromatográfica, cultivares, inibidor da PROTOX.

TOLERANCE OF ONION (*ALLIUM CEPA* L.) TO FLUMIOXAZIN IN THE FUNCTION OF THE CONTENT AND COMPOSITION OF EPICUTICULAR WAX

4.2. ABSTRACT

Flumioxazin is an alternative in the control of weeds in onion, however, it is selective after the four leaf stage. Among the mechanisms of tolerance of the crop to the use of herbicides, the presence of epicuticular wax in the onion leaves stands out, however, its content is variable in different cultivars. The objectives of this work were to quantify and characterize the content of epicuticular wax in different onion cultivars and to relate their tolerance to flumioxazin in the initial stages of crop development and to evaluate the wax content in different vegetative stages under water deficit. were conducted in a completely randomized design. In the first experiment, treatments consisted of 8 x 3 factorial, with eight onion cultivars (Aquarius, Lucinda, Optima, Predileta, Sirius, Soberana, TPX 18612 and TPX 20561) with sequential application of flumioxazin at one and three leaves, at doses 0, 15 and 30 g ha⁻¹, in the first leaf and 0, 15 and 50 g ha⁻¹, in the third leaf. The second experiment consisted of a 5 x 2 factorial, in which the first factor was vegetative stages (1, 2, 3, 4 and 5 leaves) and the second factor with and without water deficit. The evaluations were phytointoxication, plant height, dry mass of roots, bulb and shoot. The content of leaf wax was quantified and the analyzes of its constituents were performed by means of gas chromatography coupled to a mass spectrometer. The largest accumulation of wax occurred at the leaf stage without induction of water deficit. The cultivar Aquarius presented a 14% reduction in dry leaf mass and the cultivars Aquarius and Lucinda showed a reduction of dry mass of bulbs (24% and 22%), higher accumulation of wax (47.5 µg cm⁻²) in the one leaf, however, presented a higher percentage of apolar compounds in its composition (6%). It was concluded that the cultivar Aquarius showed less tolerance to flumioxazin.

Keywords: chemical composition, gas chromatography, cultivars, herbicide

4.3. INTRODUÇÃO

A cebola possui lento crescimento inicial, folhas eretas e cilíndricas promovendo baixa cobertura do solo, o que a torna pouco competitiva por recursos. As reduções de bulbos comerciais em altas infestações de plantas daninhas podem assim chegar a 100% (Simon *et al.*, 2012). Para o controle destas plantas daninhas, os métodos mais utilizados são o arranquio manual e o controle químico. Contudo, o arranquio manual é uma prática mais onerosa e mais danosa à cultura, tornando o controle químico uma alternativa mais viável (Sankaret *al.*, 2015).

Entretanto, há poucos herbicidas disponíveis para a cultura da cebola que sejam seletivos em seus estádios iniciais, o que dificulta o manejo de plantas daninhas. Assim, um dos principais mecanismos de tolerância relacionado à absorção de herbicidas aplicados em pós-emergência é a presença e característica de cera epicuticular. Os teores e características da cera são fatores variáveis que dependem de características tanto genótípicas quanto adaptativas que variam a depender de cultivares, estádios fenológicos e condições edafoclimáticas (Ferreira & Costa, 1982a).

A grande variação na composição das ceras se deve às diferentes proporções de compostos como hidrocarbonetos, esteroides, ésteres graxos, álcoois e aldeídos, que alteram a polaridade da mesma e assim, a absorção de herbicidas (Ferreira *et al.*, 2005). A variação desses compostos ocorre devido aos estresses bióticos e abióticos a que as plantas estão sujeitas, podendo alterar não só a característica da cera, mas também seu teor nas plantas (Bourdenxet *al.*, 2011).

Assim, conhecendo-se os mecanismos que afetam a produção de cera pode-se aumentar a tolerância da cebola à aplicação de herbicidas. O estresse hídrico, por exemplo, afeta o teor e característica da cera epicuticular. Plantas quando submetidas à falta de água recebem a sinalização para aumentar a produção de cera (Seoet *al.*, 2011; Le Provostet *al.*, 2013). Então, a suspensão da irrigação no período anterior à aplicação do herbicida pode-se tornar uma prática importante para diminuir os danos causados às plantas em seus estádios iniciais.

Com isso, torna-se importantes os estudos que melhor classifiquem as principais cultivares de cebola quanto ao seu teor de cera e melhor aplicar essa característica ao uso de herbicidas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância da cebola ao flumioxazin em função do teor e característica da cera epicuticular em diferentes cultivares nos estádios

iniciais de desenvolvimento da cultura e quantificar a cera epicuticular em função dos estádios vegetativos da cebola sob estresse hídrico.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa-de-vegetação pertencente à Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba–MG, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso de 5 dm³, com oito e 12 plantas para o primeiro e segundo experimento, respectivamente. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, coletado em uma profundidade de 0-10 cm, peneirado em malha de 5 mm.

4.4.1. Experimento de tolerância em função da cera epicuticular

O experimento foi realizado entre os meses de abril a agosto de 2016. Os tratamentos foram constituídos de um fatorial 8 x 3, sendo oito cultivares de cebola com aplicação de flumioxazin e três doses de 15 e 30 g ha⁻¹, 15 e 50 g ha⁻¹ aplicadas, respectivamente, no estágio de uma folha e de três folhas, além do tratamento testemunha sem aplicação do herbicida. As cultivares de cebola utilizadas foram: Aquarius, Lucinda, Optima, Predileta, Sirius, Soberana, TPX 18612 e TPX 20561, todas cedidas pela empresa Agristar, linha TopSeed Premium. Foram semeadas 32 sementes por vaso e no estágio de uma folha foi realizado o desbaste deixando apenas oito plantas por vaso. No momento da aplicação do herbicida na primeira e terceira folha foram coletadas plantas de quatro vasos extra cultivados nas mesmas condições das demais plantas e transportadas para o laboratório, para análise da cera epicuticular.

A aplicação do herbicida foi realizada com pulverizador costal pressurizado a CO₂, operando à pressão constante de 2,0 kgf cm⁻², equipado com barra de duas pontas TT 110.02 espaçadas de 50 cm, a uma altura de 50 cm do alvo, e volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) do herbicida foi avaliado a altura das cultivares de cebola com uma régua da base das plantas até o ápice da última folha completamente expandida e avaliação visual das plantas por meio de escala de notas na qual 0% representou nenhuma injúria e 100% a morte total das plantas, conforme a metodologia descrita pela SBCPD (1995). Aos 110 DAA, o material vegetal foi

coletado e separado em folhas, bulbos e raízes e levados para estufa de circulação forçada em 72°C por 48 horas e após isso foi pesado em balança analítica.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade pelo Software SpreadsheetProgram para Estatística Experimental e Descritiva - SPEED Stat (Carvalho & Mendes, 2017).

4.4.2. Experimento de acúmulo de cera

O experimento foi conduzido entre os meses de março e maio de 2018. Os tratamentos foram constituídos por um fatorial 2 x 5, sendo o primeiro fator com e sem déficit hídrico e o segundo fator o estágio fenológico (1, 2, 3, 4 e 5 folhas). As plantas sem déficit receberam diariamente 0,5 mm de água, enquanto as plantas submetidas ao déficit hídrico receberam somente 0,250 da água fornecida às plantas sem déficit.

As plantas foram coletadas no momento em que atingissem os diferentes estádios e foram encaminhados para laboratório para extração e quantificação da cera.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e submetidos à análise de regressão pelo Software SpreadsheetProgram para Estatística Experimental e Descritiva - SPEED Stat (Carvalho & Mendes, 2017).

4.4.3. Extração e caracterização da cera

A extração e quantificação da cera foram feitas no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos Bioativos e Soluções Tecnológicas, da Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba-MG. As amostras de folhas coletadas a 1 cm da base foram dispostas separadamente por repetição em placas de Petrie foi adicionado 20mL de clorofórmio e agitando manualmente por 20 segundos. Posteriormente, a solução de clorofórmio com a cera diluída foi filtrada em papel filtro e colocada em tubos de ensaio, previamente pesados, e deixada em capela de exaustão para a evaporação total do clorofórmio, conforme o procedimento descrito por Viana *et al.* (2010).

Após a extração da cera, as folhas foram dispostas sobre um fundo branco e tiveram sobre elas um vidro e foram fotografadas para mensurar a área foliar por meio do software ImageJ®, como reportado por Schneider *et al.* (2012).

Após completa evaporação, os tubos foram novamente pesados para se obter a massa do teor sólido (cera). O teor de cera foi determinado em função da área foliar coletada, sendo expresso em $\mu\text{g cm}^{-2}$.

Para injeção no cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas (CG-MS) foram pesadas em tubos de ensaios de 2 a 5 mg de amostra e foi adicionado 1 mL de solução com 2% de H_2SO_4 em metanol. Após 2 horas em banho-maria, à temperatura de 55°C , as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente. Em seguida, foram adicionados 10 mL de hexano, e a mistura foi transferida para um funil de separação. A fase orgânica foi separada e lavada com solução saturada de NaCl (2 x 10 mL). O resíduo foi dissolvido em 0,2 mL de hexano com descrito por Viana *et al.* (2010), e injetado em CG-MS. Os possíveis compostos foram identificados por comparação com os dados da biblioteca do CG-MS por meio do tempo de retenção.

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento de tolerância em função da cera epicuticular

Na primeira aplicação, as cultivares TPX 20561 (18,7%), Síríus (9,5%) e Soberana (14%) apresentaram sintomas do herbicida, aplicado na maior dose. As demais cultivares não apresentaram sintomas de intoxicação. Os sintomas foram caracterizados pela formação de pontos cloróticos nas folhas observados aos 7 DAA. A altura da cebola não foi afetada pelas aplicações de flumioxazin apresentando altura de 17 cm aos 14 DAA e 20 cm aos 28 DAA, na primeira aplicação e 22 cm aos 14 DAA e 26 cm aos 28 DAA, na segunda aplicação (dados não apresentados).

As cultivares de cebola apresentaram diferenças de crescimento entre si (Tabela 1). As cultivares Lucinda e Soberana se sobressaíram em relação às demais obtendo maior massa seca de folhas, acima de quatro gramas e a cultivar Lucinda o raízes, enquanto que as cultivares Predileta e Optima obtiveram massa de folhas inferior às demais cultivares, e a TPX 18612 e Predileta obtiveram menores massas de raiz (Tabela 1). A massa seca de bulbos não foi afetada pelas doses do herbicida aplicado. A cultivar Soberana apresentou maior massa seca de bulbos e as cultivares TPX 20561, Predileta e Optima apresentaram menores massas de bulbo (Tabela 1).

A cultivar Aquarius apresentou redução de massa seca de folhas de aproximadamente 14% quando aplicado herbicida, independente da dose. De igual modo, as cultivares Aquarius e Lucinda apresentaram redução de massa seca de bulbos de 24 e 22%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Massa seca de plantas de cebola aos 110 dias após a aplicação de flumioxazin, Rio Paranaíba, MG (2018)

Massa de seca de folha (g/planta)											
Cultivares	Dose (g ha ⁻¹)						Média		F _{Cultivar}	F _{Dose}	F _{Interação}
	0		15/15		30/50						
TPX 20561	2,57	Bc	2,25	Bc	3,46	Ab	2,76	d	46,80**	15,60**	8,04**
TPX 18612	2,17	Cd	3,25	Bb	4,08	Aa	3,17	c			
Predileta	1,85	Bd	2,72	Ab	3,13	Ac	2,56	d			
Optima	1,99	Bd	2,94	Ab	2,79	Ac	2,57	d			
Sirius	3,49	Bb	4,06	Aa	3,20	Bc	3,58	b			
Soberana	4,76	Aa	4,09	Ba	4,50	Aa	4,45	a			
Aquarius	4,25	Aa	3,72	Ba	3,63	Bb	3,87	b			
Lucinda	3,86	Ab	4,42	Aa	4,28	Aa	4,19	a			
Média	3,12	C	3,43	B	3,63	A					
C.V. (%)	11,01										
Massa de seca de raiz (g/planta)											
Cultivares	Dose (g ha ⁻¹)						Média		F _{Cultivar}	F _{Dose}	F _{Interação}
	0		15/15		30/50						
TPX 20561	1,87	Ae	1,82	Ae	2,36	Ac	2,02	e	80,66**	4,40*	3,09**
TPX 18612	1,72	Be	2,38	Ad	2,87	Ac	2,32	d			
Predileta	2,29	Ad	2,35	Ad	2,58	Ac	2,41	d			
Optima	1,74	Be	2,48	Ad	1,89	Bd	2,03	e			
Sirius	2,67	Bd	3,17	Ac	3,59	Ab	3,14	c			
Soberana	3,28	Ac	3,16	Ac	3,45	Ab	3,30	c			
Aquarius	3,85	Ab	3,88	Ab	3,43	Ab	3,72	b			
Lucinda	5,16	Aa	4,91	Aa	4,64	Aa	4,91	a			
Média	2,82	B	3,02	A	3,10	A					
C.V. (%)	12,91										
Massa de seca de bulbo (g/planta)											
Cultivares	Dose (g ha ⁻¹)						Média		F _{Cultivar}	F _{Dose}	F _{Interação}
	0		15/15		30/50						
TPX 20561	1,41	Ac	1,75	Ae	2,13	Ad	1,76	f	191,53**	0,79 ^{ns}	11,35**
TPX 18612	2,25	Bc	3,79	Ad	3,51	Ac	3,18	e			
Predileta	1,88	Ac	1,63	Ae	2,45	Ad	1,99	f			
Optima	1,76	Ac	1,84	Ae	1,91	Ad	1,84	f			
Sirius	2,38	Cc	5,71	Ab	3,96	Bc	4,02	d			
Soberana	7,81	Aa	7,04	Aa	7,53	Aa	7,46	a			
Aquarius	6,91	Ab	5,54	Bb	4,94	Bb	5,79	b			
Lucinda	6,20	Ab	4,59	Bc	5,09	Bb	5,29	c			
Média	3,82	A	3,99	A	3,94	A					
C.V. (%)	13,50										

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. *Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; Coeficiente de Variação (C.V.).

No estágio de primeira folha a cultivar Aquarius apresentou o maior teor de cera epicuticular, seguida da Soberana, enquanto as cultivares Predileta, TPX 20561, Lucinda foram as cultivares que apresentaram os menores teores de cera em ordem decrescente (Tabela 2). No estágio de terceira folha, contudo, a cultivar Sirius apresentou maior teor de cera em relação às demais cultivares, que não diferiram entre si (Tabela 2).

Tabela 2 - Teor de cera epicuticular de cebola nos estádios de uma e três folhas após a aplicação de flumioxazin, Rio Paranaíba, MG (2018)

Estádio de uma folha		
Cultivar	Teor de cera epicuticular ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	
TPX 20561	27,93	G
TPX 18612	31,34	D
Predileta	28,46	F
Optima	39,15	C
Sirius	30,32	E
Soberana	41,07	B
Aquarius	47,49	A
Lucinda	22,47	H
F = 303705,95**		
C. V. (%) = 0,09		
Estádio de três folhas		
Cultivar	Teor de cera epicuticular ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	
TPX 20561	6,20	B
TPX 18612	5,86	B
Predileta	5,06	B
Optima	4,98	B
Sirius	9,79	A
Soberana	2,97	B
Aquarius	4,66	B
Lucinda	2,64	B
F = 4,34**		
C. V. (%) = 36,51		

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; Coeficiente de Variação (C.V.).

O acúmulo de cera durante o crescimento das plantas de cebola, em ambos os tratamentos, apresentou comportamentos semelhantes (Figura 1). No estágio de uma folha inicialmente pode-se observar maior teor de $8 \mu\text{g cm}^{-2}$ de cera epicuticular em relação aos demais estádios, todavia, as plantas submetidas ao déficit hídrico, no estágio de uma folha, apresentaram maior teor de cera epicuticular quando comparada às plantas sem déficit hídrico (Figura 1). O teor de cera apresentou uma queda exponencial sendo reduzida drasticamente do primeiro para o segundo par de folhas, entretanto, a

partir do segundo par de folhas observou-se um teor constante até o último estágio avaliado.

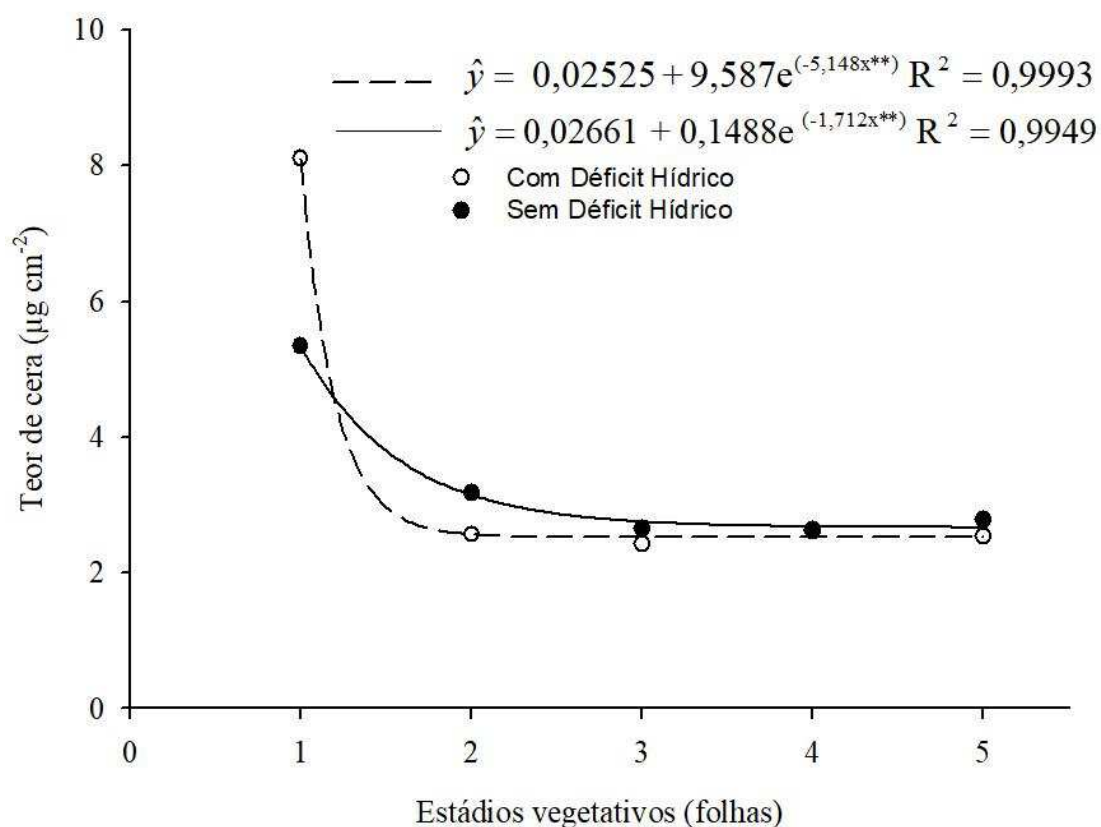


Figura 1 – Acúmulo ($\mu\text{g cm}^{-2}$) de cera epicuticular em função dos estádios vegetativos de cebola com e sem déficit hídrico após a aplicação de flumioxazin, ** ($p < 0,01$), Rio Paranaíba, MG (2018).

Tabela 3–Resumo da análise de variância para o acúmulo de cera epicuticular em função dos estádios vegetativos de cebola com e sem déficit hídrico após a aplicação de flumioxazin. Rio Paranaíba, MG (2018).

FV	F
Água	2,77 ^{ns}
Estádios	66,98**
Interação	9,59**
C.V.(%)	16,8

*Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; Coeficiente de Variação (C.V.).

As classes de compostos encontrados nas cultivares analisadas foram ácidos carboxílicos, álcoois, aldeídos, aminas, ésteres, hidrocarbonetos e hidrocarbonetos aromáticos, destes compostos, os hidrocarbonetos e hidrocarbonetos aromáticos são caracterizados como apolares, enquanto os demais são compostos polares (Tabela 4). Compostos da classe dos ácidos carboxílicos foram predominantes nas cultivares. Dentro dessa classe, destaca-se o ácido alfa-etilcapróico que representa, respectivamente, 36,25, 54,17 e 48,84%, dos prováveis compostos encontrados nas cultivares citadas anteriormente (Tabela 4). As cultivares que apresentaram maiores teores de compostos apolares dentre os grupos de compostos identificados foram as cultivares Aquarius (5,96%) e a cultivar TPX 18612 (3,09%) (Tabela 4).

O baixo efeito de intoxicação nas plantas e o rápido desaparecimento dos sintomas deve-se à ação de contato do flumioxazin, que possui dificuldade em translocar pela planta, além disso, as cultivares apresentam tolerância diferencial. Ao aplicar oxyfluorfen ($0,192 \text{ kg ha}^{-1}$), também inibidor da PROTOX, nas cultivares Baia Periforme Super Precoce, Granex Ouro e Texas Grano 502 PRR, em pré emergência e dos estádios de uma até o estágio de três folhas, Oliveira Jr. *et al.* (1997) observaram que na fase de emergência as plantas apresentaram maior susceptibilidade ocasionando redução do estande de até 100%.

Aplicações de 36 g ha^{-1} de flumioxazin, nos estádios de duas e quatro folhas, tem demonstrado eficiência no controle de plantas daninhas sem comprometer a produtividade da cebola (Herrman *et al.*, 2017). Além disso, o uso de subdoses permite a realização de aplicações múltiplas de herbicidas, ampliando o período de controle das plantas daninhas. O oxyfluorfen (70 g ha^{-1} , correspondente a 25% da dose utilizada), com três aplicações com intervalos de 7 dias, no estágio de “chicote” em cebola, teve controle de 78% de *Chenopodium album* L. e de 95% de controle de *Amaranthus retroflexus* L., permitindo que a produtividade fosse superior às testemunhas avaliadas (Loken & Hatterman-Valenti, 2010). Desta forma, o uso de subdoses de flumioxazin nos estádios iniciais da cultura, se mostra como alternativa na redução de danos à cebola possibilitando o controle eficiente de plantas daninhas nos estádios iniciais da cultura, corroborando com os dados apresentados neste trabalho.

A tolerância diferencial se reflete em diferentes cultivares, como a Granex e Texas Grano, do grupo não ceroso, foram menos tolerantes à aplicação de herbicidas quando comparadas às cultivares Baia Periforme, Barreiro SMP-IV, Red Creole e Roxa Chata SMP-IV, do grupo ceroso. Contudo, a tolerância das cultivares de ambos os

grupos foi reduzida quando a cera foi removida por solução de Tween a 0,1%. Adeposição de cera epicuticular comporta-se como uma barreira diminuindo a absorção de herbicidas (Ferreira & Costa, 1982b). Esses estudos, porém, não avaliaram a polaridade da cera e dos herbicidas aplicados, assim, é possível observar diferentes resultados quando aplicados herbicidas que tenham maior afinidade pela cera epicuticular, sendo estes herbicidas mais absorvidos e causando maiores danos à cultura. Assim, o flumioxazin devido a sua baixa solubilidade e maior afinidade com partição apolar da cera, causando maior dano na cultivar Aquarius, que apresentou maior porcentagem de compostos apolares em relação às demais cultivares, demonstrando então que a polaridade da cera influencia na absorção dos herbicidas.

Plantas submetidas a estresse hídrico elevado, os mecanismos de defesa da planta podem sinalizar induzir a produção de cera por meio de genes e sinalização pelo hormônio ABA. Em *Arabidopsis thaliana*, quando submetida à condição de estresse hídrico ocorre aumento do teor de cera em quatro vezes. Ainda, ocorre o aumento dos níveis de aldeídos, álcoois primários e alcanos em folhas do biótipo selvagem, enquanto que o acúmulo de aldeídos e alcanos foi consideravelmente reduzido em folhas do biótipo suscetível à seca. Alcanos, álcoois e aldeídos conferem resistência à movimentação da água tornando as plantas mais tolerantes (Seo et al., 2011). Assim, realizar a suspensão da irrigação antes da aplicação é uma alternativa para induzir maior tolerância às plantas ao herbicida.

A maior presença de alcanos em clones de *Arabidopsis* diminuiu a permeabilidade da cutícula e foi observado redução nos níveis de álcoois e cetonas (Bourdenx et al., 2011), portanto, a menor permeabilidade da cera pode aumentar a absorção do flumioxazin uma vez que este herbicida é caracterizado como apolar.

A maior absorção do acifluorfen, herbicida apolar inibidor da PROTOX, por *Abutilon theophrasti* foi verificada maior absorção em condições de alta temperatura e estresse hídrico, nestas condições a cera epicuticular das plantas se encontravam com 31,2% de compostos apolares e 63,9% de compostos polares e 32,4% de compostos apolares e 62,8% de compostos polares, respectivamente, deixando a membrana mais apolar e consequentemente favorecendo a absorção do herbicida (Hatterman-Valentini et al., 2011). Dessa forma, a menor tolerância da cultivar Aquarius pode estar relacionada à menor porcentagem de compostos polares e à sua maior porcentagem de compostos apolares, em relação às demais cultivares. Isso torna a cera epicuticular mais apolar permitindo maior absorção do flumioxazin, devido ao seu baixo log Kow = 2,55.

Tabela 4 – Composição química (%) da cera epicuticular das cultivares de cebola, Rio Paranaíba, MG (2018)

Classe	Provável Composto*	Tempo de retenção (min)	Cultivares							
			TPX 18612	TPX 20561	Soberana	Optima	Predileta	Sirius	Aquarius	Lucinda
			Área (%)							
Ácido Carboxílico	ácido 2-octinóico	5,470	2,85	-	6,1	7,54	4,98	7,28	2,56	2,47
	ácido alfa-etilcapróico	9,315	36,25	54,17	11,51	1,35	28,87	20,37	1,4	49,84
	ácido 2-etil-heptanóico	9,449	ND	ND	ND	5,65	ND	ND	ND	ND
			39,10	54,17	17,61	14,54	33,85	27,65	3,96	52,31
Álcool	3-nonin-2-ol	4,795	ND	ND	ND	3,57	ND	ND	ND	ND
	2,7-dimetil-1-octanol	4,803	ND	ND	6,8	ND	5,01	6,32	ND	2,99
	trans-pinocarveol	7,141	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,27	ND
	ciclododecanol	7,385	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,72	ND
	1-nonadecanol	7,717	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,03	ND
	ciclopropilcarbinol	7,834	ND	ND	1,28	1,42	ND	1,12	3,34	ND
			ND	ND	8,08	4,99	5,01	7,44	7,36	2,99
Aldeído	heptanal	4,238	2,97	ND	4,64	ND	ND	ND	ND	ND
	octanal	4,264	ND	ND	4,64	ND	4,18	4,33	ND	ND
	hexanal	4,484	ND	ND	ND	1,14	ND	ND	ND	ND
	dodecanal	6,242	ND	ND	ND	ND	1,05	ND	1,02	ND
			2,97	ND	9,28	1,14	5,23	4,33	1,02	ND
Amina	octodrine	4,252	ND	2,32	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	5-metil-2-heptanamina	5,370	7,25	9,23	4,48	3,68	3,13	4,45	7,77	5,01
	1-metildodecilamina	6,109	1,44	ND	1,14	1,08	ND	ND	3,08	1,14
	2-aminononadecano	6,538	1,19	ND	1,19	ND	ND	ND	2,71	ND
	n-metil-1-octadecanamina	6,897	ND	ND	1,22	1,24	ND	ND	1,31	ND
	sec-butilamina	8,423	ND	1,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1-metildecilamina	12,550	2,26	ND	ND	ND	1,12	ND	ND	ND

	5-metilhexanamina	15,054	ND	ND	1,03	ND	ND	ND	ND	ND
	(s)-(+)-1-ciclohexiletilamina	18,440	3,1	1,81	ND	ND	ND	ND	ND	2,84
			15,24	15,26	9,06	6,00	4,25	4,45	14,87	8,99
Éster	oleato de benzila	4,423	ND	ND	ND	1,42	ND	ND	ND	ND
	ésteroctadecila de ácido hexanóico	6,440	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,4	ND
	ésterisobutilapentila de ácido oxálico	8,044	1,81	1,45	1,31	1,12	1,09	1,25	2,27	ND
			1,81	1,45	1,31	2,54	1,09	1,25	3,67	ND
Hidrocarboneto	2,4,6,8-tetrametilundeceno	4,835	3,09	1,49	ND	ND	ND	ND	2,15	ND
	4-metil-1-deceno	5,074	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,57	ND
	1-hexil-3-metil-ciclopentano	6,731	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,24	ND
			3,09	1,49	ND	ND	ND	ND	5,96	ND
Hidrocarboneto Aromático	pseudo-cumeno	5,273	ND	ND	2,78	1,19	ND	ND	ND	ND
			ND	ND	2,78	1,19	ND	ND	ND	ND
Outros	NI	4,145	6,14	7,31	15,22	ND	11,34	18,4	8,02	9,26
	1-metilpentilhidroperóxido	4,336	ND	ND	3,19	3,31	2,28	3,22	1,13	1,49
	severino	4,588	4,95	6,03	6,78	ND	5	6,55	5,01	4,38
	NI	4,762	2,36	1,66	ND	ND	ND	ND	3,15	ND
	NI	4,900	1,19	ND	ND	ND	ND	ND	1,75	ND
	NI	4,970	ND	ND	ND	1,94	ND	ND	ND	ND
	NI	5,000	ND	ND	1,92	ND	ND	1,52	1,39	ND
	[(tetradeciloxi)metil]oxirano	5,207	ND	ND	ND	1,94	ND	ND	ND	ND
	hexahidro-2,3-dimetil-6H-pirazolo[1,2-a][1,2,4,5]tetrazina	5,684	2,92	1,53	4,36	2,06	3,84	5,66	1,41	3,56
	NI	5,827	7,82	3,91	3,99	2,85	2,22	2,76	12,42	3,09
	NI	5,978	ND	2,51	1,59	9,69	ND	2,3	1,13	2,52
	heptaminol	7,002	ND	ND	1,16	ND	ND	ND	2,31	ND
	(E)-2,3-epoxicarano	7,219	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,25	ND
	NI	9,020	5,66	1,45	3,11	3,05	3,28	2,79	6,8	1,68

NI	17,740	ND	ND	1,9	ND	1,4	1,73	ND	ND
NI	17,821	ND	ND	4,51	ND	9,91	3,67	ND	ND
NI	18,218	ND	ND	ND	ND	1,2	ND	ND	ND
2,5-dimetoxi-4- (metilsulfonyl)anfetamina	23,968	1,25	1,41	ND	ND	ND	ND	ND	ND
n-dl-alanilglicina	59,578	3,89	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		36,18	25,81	47,73	24,84	40,47	48,60	45,77	25,98

*Foram listados todos os compostos identificados com mais de 1,0% de participação da composição total da cera. NI: não identificado; ND: não detectado.

4.6. CONCLUSÃO

A cultivar Aquarius demonstrou menor tolerância ao flumioxazin.

O maior acúmulo de cera epicuticular foi observado no estágio de uma folha quando as plantas foram induzidas ao déficit hídrico.

4.7. LITERATURA CITADA

- Bourdenx, B.; Bernard, A.; Domergue, F.; Pascal, S.; Léger, A.; Roby, D.; Pervent, M.; Vile, D.; Haslam, R. P.; Napier, J. A.; Lessire, R.; Joubès J. Overexpression of arabidopsis ECERIFERUM1 promotes wax very-long-chain alkane biosynthesis and influences plant response to biotic and abiotic stresses. **Plant Physiology**, v.156, n.1, p. 29-45, 2011.
- Carvalho, A.M.X.; Mendes, F.Q. SPEED Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. **Anais da 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**, Lavras, 2017. 333p.
- Ferreira, E. A.; Demuner, A. J.; Silva, A. A.; Santos, J. B.; Ventrella, M. C.; Marques, A. E.; Procópio, S. O. Composição química da cera epicuticular e caracterização da superfície foliar em genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.23, n.4, p.611-619, 2005.
- Ferreira, P. V.; Costa, C. P. **Caracterização da cerosidade foliar em cebola (*Allium cepa* L.) através de solução diluída de ácido sulfúrico como agente seletivo**. Relatório do Instituto e Departamento de Genética da ESALQ, v.16, n.1, 1982a.
- Ferreira, P. V.; Costa, C. P. Efeito da cerosidade foliar na reação de variedades de cebola (*Allium cepa* L.) a herbicidas de pós-emergência. **Planta Daninha**, v.2, n.1, p.29-35, 1982b.
- Hatterman-Valenti, H.; Pitty, A.; Owen, M. Environmental effects on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) epicuticular wax deposition and herbicide absorption. **Weed Science**, v.59, n.1, p.14-21, 2011.
- Herrman, C. M.; Goll, M. A.; Phillippo, C. J.; Zandstra, B. H.; Postemergence weed control in onion with bentazon, flumioxazin, and oxyfluorfen. **Weed Technology**, v.31, n.2, p.279-290, 2017.

- Le Provost, G.; Domergue, F.; Lalanne, C.; Campos, P. R.; Grosbois, A.; Bert, D.; Meredieu, C.; Danjon, F.; Plomion, C.; Gion, J. M. Soil water stress affects both cuticular wax content and cuticle-related gene expression in young saplings of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait). **BMC Plant Biology**, v.13, n.1, p.95-107, 2013.
- Loken, J. R.; Hatterman-Valenti, H. M. Multiple applications of reduced-rate herbicides for weed control in onion. **Weed Technology**, v.24, n.2, p.153-159, 2010.
- Oliveira Jr, R. S.; Silva, J. F.; Ferreira, L. R.; Reis, F. P. Sensibilidade de cultivares de cebola (*Allium cepa* L.) implantados por semeadura direta ao oxyfluorfen aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da planta. **Ceres**, v.44, n.251, p.1-16, 1997.
- Sankar, V.; Thangasamy, A.; Lawande, K. E. Weed management studies in onion (*Allium cepa* L.) cv N-2-4-1 during rabi season. **International Journal of Tropical Agriculture**, v.33, n.2, p.627-631, 2015.
- Schneider, C. A.; Rasband, W. S.; Eliceiri, K. W. NIH image to imagej: 25 years of image analysis. **Nature Methods**, v.9, n.7, p.671-675, 2012.
- Seo, P. J.; Lee, S. B.; Suh, M. C.; Park, M. J.; Go, Y. S.; Park, C. M. The MYB96 transcription factor regulates cuticular wax biosynthesis under drought conditions in *Arabidopsis*. **The Plant Cell**, v.23, n.1, p.1138-1152, 2011.
- Simon, L. J.; Mont-Gerard, J.; Sander, J. Effect of early season weed competition duration on onion yield. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.125, n.1, p.226-228, 2012.
- Viana, R. G.; Tuffi Santos, L. D.; Demuner, A. J.; Ferreira, F. A.; Ferreira, L. R.; Ferreira, E. A.; Machado, A. F. L.; Santos, M. V. Quantificação e composição química de cera epicuticular de folhas de eucalipto. **Planta Daninha**, v.28, n.4, p.753-758, 2010.

5. CONCLUSÃO GERAL

A aplicação de doses reduzidas de flumioxazin em cebola é uma alternativa para o controle de plantas daninhas antes do estágio de quatro folhas, em especial no estágio de uma folha em que há menor área foliar em contato com o herbicida. Todavia, para um controle mais eficiente deve-se atentar à cultivares, como a cultivar Aquarius com melhor qualidade de cera, associando maior teor com maior porcentagem de compostos apolares,

de modo a diminuir a absorção deste herbicida. Ainda a tolerância pode ser induzida com o corte da irrigação por um período anterior à aplicação, possibilitando que as plantas tenham maior acúmulo de cera o que as torna mais tolerantes. Por fim, o retorno da irrigação logo após a aplicação impede ainda que ocorra intoxicações leves nas plantas por “lavar” o herbicida da superfície foliar.