



NATALIA COSTA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS E CONTROLE DE
PLANTAS DANINHAS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DA
CANOLA**

LAVRAS – MG

2024

NATALIA COSTA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO
SISTEMA DE PRODUÇÃO DA CANOLA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel
Orientador

Prof. Dr. Adenilson Henrique Gonçalves
Coorientador

**LAVRAS – MG
2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Costa, Natalia.

Seletividade de herbicidas e controle de plantas daninhas no
sistema de produção da canola / Natalia Costa. - 2024.

82 p. : il.

Orientador(a): Guilherme Vieira Pimentel.

Coorientador(a): Adenilson Henrique Gonçalves.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. *Brassica napus* L var. *oleifera*. 2. Cerrado brasileiro. 3.
Espécies infestantes. I. Pimentel, Guilherme Vieira. II. Gonçalves,
Adenilson Henrique. III. Título.

NATALIA COSTA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO
SISTEMA DE PRODUÇÃO DA CANOLA**

**HERBICIDE SELECTIVITY AND WEED CONTROL IN CANOLA PRODUCTION
SYSTEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2024.

Dr. Amilton Ferreira da Silva UFSJ

Dra. Flávia Andrea Nery Silva UFU

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel
Orientador

Prof. Dr. Adenilson Henrique Gonçalves
Coorientador

**LAVRAS – MG
2024**

*Aos meus pais pelo amor incondicional e incentivo aos meus sonhos
A minha mãe e meu pai por ser exemplo de força e perseverança*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força, saúde e incentivo para lutar pelos meus sonhos, enfrentar meus medos, minhas frustrações e nunca desistir por mais difícil que fosse a jornada.

A toda a minha família, especialmente aos meus pais, Roseli e Silvio, e minha irmã Mel, pelo amor incondicional, incentivo, apoio e carinho, por estarem sempre ao meu lado acreditando na realização deste sonho. Eles são meus maiores motivos para continuar sempre, meus exemplos de pessoas batalhadoras, simples e honestas, que me educaram com o maior carinho e amor deste mundo.

Aos meus avós, Naide e Antônio que sempre torceram, me incentivaram e estiveram em orações por mim. Aos meus avós Antônia e Sebastião (*in memoria*), que de onde estiverem estão sempre olhando e cuidando de mim.

A todos os meus familiares, tios, tias, primos e primas, pela torcida, pelo apoio, amizade e confiança. Em especial, meus primos queridos Juan e Giulia.

Ao meu companheiro Gerson, por segurar a minha mão e sempre me apoiar, sem medir esforços para me ajudar.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade concedida para a realização dos trabalhos desenvolvidos durante o Mestrado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), que proporcionou a concessão da bolsa de estudos e recursos financeiros para realização deste (FAPEMIG, projetos, APQ-00496-22). Agradeço também as agências CAPES E CNPq.

Ao professor e orientador Dr. Guilherme Vieira Pimentel, por todo o conhecimento transmitido e auxílio no desenvolvimento do trabalho. Me acolheu não só como orientador, mas também como amigo. Por todos os ensinamentos, por ser um exemplo de pessoa e profissional a ser seguido.

Ao professor e coorientador Dr. Adenilson Henrique Gonçalves, por toda ajuda e conhecimento transmitido no desenvolvimento do trabalho.

Aos demais membros da banca examinadora: Amilton Ferreira da Silva, Flávia Andrea Nery Silva, Bruno Galveas Laviola (suplente) e Rafael Peron Castro (suplente), meu muito obrigado.

Aos demais professores dos Programas de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras, pelos conhecimentos a mim transmitidos ao longo desta jornada.

Aos funcionários do Setor de Grandes Culturas, Filipe, Arnaldi e Hugo pela colaboração, ajuda nos trabalhos de campo e amizade. Á Marli dos Santos Tulio, da equipe da SI-ESAL por todo apoio e auxílio durante o mestrado.

Aos amigos do Grupo Agroenergia, por toda a ajuda para a realização deste trabalho, por todos os conhecimentos compartilhados, pelo companheirismo e momentos que passamos juntos.

Aos amigos dos demais grupos de estudos, Pró-trigo, Pesquisa Soja, MelhorArroz, e GMAP, pelo auxílio e momentos que passamos juntos no setor de Grandes Culturas.

A todos meus amigos, em especial aqueles que sempre estiveram em Lavras-MG participando da minha jornada. Em especial as minhas amigas e amigos, Amanda Chales, Janaina Piza, Lara Viol, Daniele Campelo, Lara Nascimento, Nathalia Nascimento, Pedro Toledo, Davi Vaz, Luiz Daniel, Elisabete, que sempre estiveram comigo nesta caminhada, apoiando, incentivando e proporcionando momentos de felicidade.

A todos que de alguma forma ajudaram na realização desse trabalho.

MUITO OBRIGADA!!!

RESUMO

A canola, importante oleaginosa global, vem enfrentando desafios no Brasil devido à escassez de herbicidas e à proibição de transgênicos no país, impactando o manejo de plantas daninhas. Com base no exposto, a geração de conhecimento e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para orientar o manejo contribuiria diretamente para a expansão dessa cultura, impulsionando a diversificação de culturas e a geração de renda. Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial de seletividade de herbicidas aplicados na cultura da canola, bem como sua eficácia no controle de plantas daninhas na cultura. O presente trabalho foi realizado em forma de artigo. Os experimentos de campo foram realizados no ano agrícola 2022/23, em diferentes locais no estado de Minas Gerais (Lavras e Ijaci), no delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas (4×4) + 1, com quatro repetições. Os níveis do fator um foram os tratamentos pré-emergentes: clomazona, s-metolachlor, clomazona + s-metolachlor, sem herbicida pré-emergente; e do fator dois os pós-emergentes: quincloraque, dicamba, quincloraque + dicamba, sem herbicida pós-emergente; mais um tratamento adicional composto pela testemunha (capinada). Os componentes avaliados foram: número de plantas daninhas (m^{-2}), fitointoxicação as plantas de canola, estande inicial e final de plantas, índice SPAD, altura final (cm^{-1}), número de ramos e siliques por planta, número de grãos por siliqua, produtividade ($kg\ ha^{-1}$) e teor de óleo e proteína (%) dos grãos de canola. Observou-se interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos pré e pós-emergentes somente para fitointoxicação as plantas e índice SPAD, aos 7 e 28 dias, respectivamente, após aplicação dos herbicidas pós emergentes em Lavras-MG. Os demais componentes avaliados revelaram diferenças significativas entre os tratamentos, seja em pré ou pós-emergência, ou ambos, mantendo-se a exceção no estande inicial e final de plantas, número de ramos e siliques por planta em ambos os locais (Lavras-MG e Ijaci-MG) e número de grãos por siliqua para Lavras-MG, os quais não demonstraram diferenças significativas. Os herbicidas clomazona em pré-emergência e quincloraque e dicamba em pós-emergência, não são registrados para uso em canola no Brasil, no entanto, embora tenham causado fitointoxicação às plantas, não geraram efeitos prejudiciais nos componentes analisados. Além disso, promoveram contribuições significativas na redução das plantas daninhas na área, sem afetar a produtividade e qualidade dos grãos da canola, juntamente do s-metolachlor já registrado para uso em pré-emergência. Conclui-se que, os herbicidas avaliados demonstraram potencial de seletividade e eficácia no controle de plantas daninhas na cultura da canola, abrindo premissas para a realização de mais pesquisas visando à inclusão destes no sistema de produção de cultura.

Palavras-chave: *Brassica napus* L. var. *oleifera*; cerrado brasileiro; espécies infestantes; manejo de controle; controle químico.

ABSTRACT

Canola, an important global oilseed, has been facing challenges in Brazil due to the scarcity of herbicides and the prohibition of transgenics in the country, impacting weed management. Based on this, the generation of knowledge and the development of innovative technologies to guide management would directly contribute to the expansion of this crop, boosting crop diversification and income generation. In this context, the objective of this work was to evaluate the potential selectivity of herbicides applied in canola cultivation, as well as their effectiveness in weed control in the crop. This study was conducted in the form of an article. Field experiments were carried out in the agricultural year 2022/23, at different locations in the state of Minas Gerais (Lavras and Ijaci), using a randomized block design with split plots $(4 \times 4) + 1$, with four replications. The levels of factor one were the pre-emergence treatments: clomazone, s-metolachlor, clomazone + s-metolachlor, without pre-emergence herbicide; and factor two were the post-emergence treatments: quinclorac, dicamba, quinclorac + dicamba, without post-emergence herbicide; plus an additional treatment composed of the control (hand weeding). The evaluated components were: number of weeds (m^{-2}), phytotoxicity to canola plants, initial and final plant stand, SPAD index, final height (cm^{-1}), number of branches and pods per plant, number of seeds per pod, yield ($kg\ ha^{-1}$), and oil and protein content (%) of canola seeds. A significant interaction ($p < 0.05$) was observed between pre and post-emergence treatments only for phytotoxicity to plants and SPAD index, at 7 and 28 days, respectively, after application of post-emergence herbicides in Lavras-MG. The other evaluated components showed significant differences between treatments, either in pre or post-emergence, or both, except for initial and final plant stand, number of branches and pods per plant in both locations (Lavras-MG and Ijaci-MG) and number of seeds per pod for Lavras-MG, which did not show significant differences. The herbicides clomazone in pre-emergence and quinclorac and dicamba in post-emergence are not registered for use in canola in Brazil; however, although they caused phytotoxicity to plants, they did not generate harmful effects on the analyzed components. Additionally, they promoted significant contributions to weed reduction in the area, without affecting the productivity and quality of canola grains, along with s-metolachlor, already registered for use in pre-emergence. It is concluded that the evaluated herbicides demonstrated potential selectivity and effectiveness in weed control in canola cultivation, laying the groundwork for further research aiming to include them in the crop production system.

Keywords: *Brassica napus* L. var. *oleifera*; brazilian Cerrado; weed species; control management; chemical control.

INDICADORES DE IMPACTO

Na busca por alternativas de produção de energia mais sustentáveis, tem surgido a cultura da canola, esta que é a terceira maior oleaginosa em termos de produção de óleo vegetal mundialmente. No entanto, sua produção no Brasil, vem enfrentando desafios devido à escassez de herbicidas e à proibição de transgênicos no país, impactando o manejo de plantas daninhas, causando perdas significativas de produtividade e limitando a expansão da cultura no país. Assim, propôs-se com este trabalho avaliar a seletividade e eficácia de herbicidas na cultura da canola, buscando gerar conhecimento e promover o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, buscando orientar os produtores referente ao manejo eficiente de plantas daninhas na cultura e assim contribuindo para a expansão da canola, impulsionando a diversificação de culturas e a geração de renda. Os resultados positivos obtidos de seletividade e eficácia no controle de plantas daninhas para os herbicidas clomazona e s-metolachlor em pré-emergência e quincloraque e dicamba em pós-emergência, bem como a não interferência negativa destes na produtividade e qualidade de grãos da cultura, demonstraram potencial para a geração de novas pesquisas visando a inclusão e registro do clomazona, dicamba e quincloraque no manejo de plantas daninhas da canola, juntamente do s-metolachlor. Os resultados obtidos não só impulsionaram o avanço técnico-científico, mas também gerou impactos significativos nos aspectos sociais, tecnológicos, econômicos e culturais, com potencial para influenciar diretamente populações e territórios. Do ponto de vista social, a pesquisa oferece aos agricultores uma opção de cultivo para a inserção no sistema de produção agrícola, destacando sobre potenciais alternativas no manejo futuro de plantas daninhas na cultura da canola, de forma que ao associar o uso consciente e correto da tecnologia, pode-se contribuir para uma maior estabilidade econômica para as comunidades agrícolas, fornecendo um meio de produção sustentável. Tecnologicamente, forneceu insights valiosos para o desenvolvimento agrícola, estimulando a inovação e a adaptação às condições locais, bem como a iniciativa para novas pesquisas. Economicamente, a expansão da cultura da canola pode diversificar a produção agrícola, reduzindo a dependência de culturas tradicionais e gerando renda adicional. Além disso, ao aumentar a produtividade e a qualidade dos grãos de canola, fortalece a posição do Brasil no mercado global de commodities agrícolas. Culturalmente, influencia práticas agrícolas, promovendo uma mentalidade mais sustentável, além de despertar a atenção dos produtores para a diversificação de culturas. Por meio deste trabalho foi possível estabelecer relação entre discentes, docentes, técnicos, demais profissionais da área, produtores, etc., tanto na execução da pesquisa, quanto na difusão desta na publicação de resumos científicos em eventos, como em simpósios, congressos. Os impactos gerados pela pesquisa mencionada estão alinhados com objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, incluindo o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e ODS 12 (Consumo e Produção Sustentáveis), destacando a importância desse trabalho para o cumprimento da Agenda 2030 e para a promoção do desenvolvimento sustentável no Brasil.

IMPACT INDICATORS

In the pursuit of more sustainable energy production alternatives, the cultivation of canola has emerged as the third largest oilseed globally. However, its production in Brazil has been facing challenges due to the scarcity of herbicides and the prohibition of genetically modified organisms (GMOs) in the country, impacting weed management, causing significant productivity losses, and limiting the expansion of the crop. Therefore, this study aimed to assess the selectivity and effectiveness of herbicides in canola cultivation, seeking to generate knowledge and promote the development of innovative technologies, aiming to guide producers regarding efficient weed management in the crop and thus contributing to canola expansion, fostering crop diversification, and income generation. The positive results obtained in weed control selectivity and effectiveness for the herbicides clomazone and s-metolachlor in pre-emergence, and quinclorac and dicamba in post-emergence, as well as their non-negative interference in crop productivity and grain quality, demonstrated potential for further research aiming at the inclusion and registration of clomazone, dicamba, and quinclorac in canola weed management, alongside s-metolachlor. The results not only propelled technical-scientific advancement but also generated significant impacts in social, technological, economic, and cultural aspects, with the potential to directly influence populations and territories. From a social perspective, the research offers farmers a cultivation option for integration into the agricultural production system, highlighting potential alternatives in future weed management in canola cultivation, such that by associating the conscious and correct use of technology, it can contribute to greater economic stability for agricultural communities, providing a means of sustainable production. Technologically, it provided valuable insights for agricultural development, stimulating innovation and adaptation to local conditions, as well as the initiative for further research. Economically, the expansion of canola cultivation can diversify agricultural production, reducing dependence on traditional crops and generating additional income. Additionally, by increasing the productivity and quality of canola grains, it strengthens Brazil's position in the global agricultural commodities market. Culturally, it influences agricultural practices, promoting a more sustainable mindset, as well as drawing producers' attention to crop diversification. Through this work, it was possible to establish relationships among students, teachers, technicians, other professionals in the field, producers, etc., both in the execution of the research and in its dissemination in the publication of scientific abstracts at events such as symposiums, congresses. The impacts generated by the mentioned research are aligned with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), including SDG 2 (Zero Hunger and Sustainable Agriculture), SDG 8 (Decent Work and Economic Growth), and SDG 12 (Sustainable Consumption and Production), highlighting the importance of this work for the fulfillment of the 2030 Agenda and for the promotion of sustainable development in Brazil.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	11
1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Taxonomia da cultura da canola	13
2.2	Tropicalização da cultura da canola	16
2.3	Aspectos econômicos da cultura da canola	19
2.4	Contribuição da canola no sistema de produção	22
2.5	Manejo de plantas daninhas	24
2.5.1	Estratégias de controle	26
2.5.2	Herbicidas pré-emergentes	28
2.5.3	Herbicidas pós-emergentes	31
	REFERÊNCIAS	34
	SEGUNDA PARTE- ARTIGO*	43
	ARTIGO: SELETIVIDADE DE HERBICIDAS E EFICÁCIA NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DA CANOLA	44
1	INTRODUÇÃO	45
2	MATERIAL E MÉTODOS	46
2.1	Condição experimental	46
2.2	Eficácia dos herbicidas no controle de plantas daninhas	48
2.3	Seletividade de herbicidas na canola	49
2.4	Componentes de produtividade da canola	50
2.5	Análises estatísticas	51
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.1	Eficácia dos herbicidas no controle de plantas daninhas	51
3.2	Seletividade e componentes de produção da canola em função dos tratamentos pré e pós-emergentes	57
4	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS	72
	TERCEIRA PARTE- CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
	APÊNDICES	78
	ANEXO	80

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

A canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) é uma planta da família Brassicaceae sendo uma variedade melhorada da colza (*Brassica napus* L.), é considerada uma das principais oleaginosas de maior importância no mundo, ocupando a segunda e terceira posição, respectivamente, em produção de grãos oleaginosos e óleos vegetais (BERGMANN *et al.*, 2013; USDA, 2023a). É uma planta que possui usos diversos, desde alimentação humana, animal e industrial, devido ao seu alto teor de óleo e composição favorável de ácidos graxos (SABBAHI *et al.*, 2023).

A produção de colza e canola mundialmente corresponde à, aproximadamente 88,068 milhões de toneladas (USDA, 2024). No Brasil, na safra 2023 a produção e área plantada de canola corresponde à 146,5 mil toneladas e 92,1 mil hectares. Destacando-se na safra de 2023, em crescimento de área com uma variação positiva de 66,8% em relação à safra de produção de grãos de 2022 (CONAB, 2023a).

A cultura da canola tem se tornado cada vez mais interessante como opção para a rotação de culturas em períodos de segunda safra, possibilitando a obtenção de ganhos econômicos e ambientais, através das melhorias das características físicas, químicas, biológicas do solo e quebra de ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas, permitindo a geração de uma maior estabilidade e qualidade na cadeia produtiva de grãos (LAVIOLA *et al.*, 2019; TOOM, 2007).

Visto o potencial de expansão da canola no sistema de produção brasileiro, existem alguns empecilhos quanto à utilização da cultura que devem ser superados, principalmente com relação à escassez de tecnologias adequadas para o seu cultivo. Destacando-se a carência de herbicidas em pré e pós-emergência registrados no Brasil para o controle de plantas daninhas na cultura da canola, limitando o manejo desta e ocasionando uma conseqüente perda de rendimento de grãos da cultura.

A hipótese postulada sugere que certos herbicidas possuem potencial de seletividade e eficácia no controle de plantas daninhas na cultura da canola. A constatação da seletividade desses produtos por meio de pesquisas pode contribuir para a expansão da cultura no país, impulsionando o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e proporcionando recomendações de manejo mais precisas para o controle de plantas invasoras. Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de seletividade de herbicidas aplicados na cultura da canola, bem como sua eficácia no controle de plantas daninhas na mesma.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Taxonomia da cultura da canola

A *Brassica napus* L., *Brassica rapa (campestris)* L. (três subespécies: *oleifera*, *trilocularis* e *dichotoma*), e a *Brassica juncea* L. Czern, são as três espécies de canola (BARTHET; DAUN, 2011; BARTHET *et al.*, 2016). No que corresponde a família Brassicaceae ou Cruciferae, possui cerca de 300 gêneros, com cerca de 4000 espécies, incluindo uma série de plantas de grande importância, como repolho, brócolis, agrião comum, plantas oleaginosas (colza, mostarda, crambe, etc.) e ainda plantas daninhas (como por exemplo a nabiça) (FRIEDT *et al.*, 2018).

Além disso, oleaginosas como a canola, a mostarda oriental e marrom (*Brassica juncea*) e a mostarda preta (*Brassica nigra*), são umas das espécies oleaginosas constituintes da família Brassicaceae que ganharam destaque e se tornaram importantes culturas agrícolas em todo o mundo (FRIEDT *et al.*, 2018).

O centro de origem primário e região de maior diversidade genética da colza está situada na região euro-siberiana, sendo que segundo registros arqueológicos, estas foram cultivadas à 2000 a.C. Por meio da migração humana, foi possível também a introdução da colza na América do Norte, sendo que esta foi cultivada a primeira vez comercialmente no Canadá em 1942, visando produzir lubrificante para navios de guerra e para seu uso como óleo para lâmpadas devido a sua característica de produção de fumaça durante a queima (KRISHNA, 2013). Já com o surto da Segunda Guerra Mundial, foi priorizado no Canadá a produção de colza, visto que ocorreu um bloqueio das fontes europeias e eles necessitavam, portanto, de um óleo lubrificante para motores marítimos, sendo o óleo de colza o buscado pelos canadenses (THIYAM-HOLLÄNDER *et al.*, 2012).

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, houve uma queda na produção de colza canadense devido a menor demanda gerada com a mudança para os motores à diesel, assim, gerando uma busca por mercados mais alternativos para a colza, como na alimentação. Contudo, devido principalmente ao seu sabor acentuado e alto teor de ácido erúico, seu uso na alimentação demonstrou-se limitado. Desta forma, iniciaram-se no final da década de 1950, pesquisas para contornar os aspectos antinutricionais do óleo de colza (THIYAM-HOLLÄNDER *et al.*, 2012).

Assim, ao longo dos anos a colza passou por uma série de mudanças, por meio do melhoramento genético tradicional, até se tornar a canola de atualmente (KAEFER *et al.*, 2014). Segundo Thiyam-Hollander *et al.* (2012), a mudança se dá pela composição do óleo, principalmente com redução do teor de ácido erúico (para menos de 1%) e redução dos teores

de glucosinolatos na torta (para menos de 30 μ mol de glucosinolatos por grama), aumento nos teores de ácido oleico (aproximadamente 60%), nos teores de ácido linoleico (cerca de 20%) e ácido linolênico (cerca de 10%). Assim, as alterações nestes aspectos promoveram um incremento no valor nutricional destes óleos e ainda contribuíram para sua maior estabilidade química.

Portanto, a canola foi desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza (KAEFER *et al.*, 2014), sendo que, a colza é apenas o nome tradicional para as culturas oleaginosas da família das brássicas, podendo ainda ser dividida em colza industrial e canola, estas que se diferem principalmente devido as suas características químicas de ácidos graxos e glucosinolatos. Realizando-se uma comparação entre a colza industrial e a canola, pode-se citar o teor de ácido erúico presente no óleo destas, sendo que enquanto a colza apresenta alto teor de ácido erúico no óleo (45% ou mais), a canola possui baixo nível de ácido erúico (menos de 2%) e baixos níveis de glucosinolatos (menos de 30 micromoles) (FRIEDT *et al.*, 2018). No Brasil, é empregado somente híbridos de *Brassica napus* L. var. *oleifera*, esta que está dentro dos padrões de baixo teor de ácido erúico para consumo humano e que evitam a contaminação do óleo comestível em relação à utilização de cultivares de colza (com maiores teores de ácido erúico) (DE MORI; TOMM; FERREIRA, 2014).

A partir disso, se deu a origem do termo canola (CANadian Oil, Low Acid) que significa da sigla inglesa “óleo canadense com baixo teor de ácido” (VALE *et al.*, 2012), nome este que foi registrado no Canadá e que representava variedades que seu óleo processado contém taxa adequada de ácido erúico para alimentação (SÜZER, 2015).

A canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), por seu elevado teor de lipídeos nos grãos/sementes é considerada como uma cultura oleaginosa (NOGUEIRA *et al.*, 2017). Ela é pertencente à família Brassicaceae e a composição de seus grãos é de em torno de 24 a 27% de proteína e aproximadamente 38% de óleo, além de apresentar elevada quantidade de ácidos graxos essenciais como o ômega-3, assim como vitamina E e menor teor de gordura saturada de todos os óleos vegetais (TOMM, 2007).

Por ser uma fundamental fonte de óleo vegetal comestível e energia renovável na produção de biodiesel, a canola é uma das culturas mais importantes na agricultura mundial (TAN *et al.*, 2009). Além disso, é também destinada à fabricação de torta e o farelo, produtos estes com alto valor proteico (34 a 38% de proteína), utilizado para a formulação de rações para bovinos, suínos, ovinos e aves (OLIVEIRA; FURTADO, 2001; TOMM, 2005).

A canola é uma planta autógama, seu ciclo varia em torno de 107 a 166 dias (ESTEVEZ *et al.*, 2014; TOMM *et al.*, 2009a), o período dedicado à fase vegetativa, ou o intervalo de dias

desde a semente até o surgimento da primeira flor, pode oscilar entre 40 a 60 dias, dependendo da data de sementeira, da cultivar escolhida e das condições de cultivo (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2023). A altura das plantas varia em torno de 0,75- 1,75 m de altura, apresentando folhas do tipo lobuladas e dentadas, com raízes que medem até 1,2 m de profundidade, suas flores são amarelas atraentes com produção de néctar, apresentam síliquas (vagens) que possuem pequenas sementes que podem ser brancas, amarelas ou escuras (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2023; KRISHNA, 2013; TOMM et al., 2009). Os estádios fenológicos da canola são constituídos por diferentes fases de desenvolvimento desde a germinação até a maturação dos grãos, sendo que, a duração de cada estágio depende da cultivar, fertilidade e nutrição, das condições ambientais, como temperatura do ar, fotoperíodo, umidade e intensidade solar. Assim, estes fatores influenciarão diretamente sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas de canola (BANDEIRA, 2013; BERGAMASCHI, 2007; CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2023; THOMAS, 2003). A temperatura do ar é a variável ambiental mais importante na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas de canola (EDWAARDS; HERTEL, 2011; THOMAS, 2003).

O crescimento e o desenvolvimento de uma planta de canola são contínuos, mas podem ser divididos em estágios de crescimento, como demonstrado pelo Canola Council of Canada (2023) na Figura 1 abaixo:

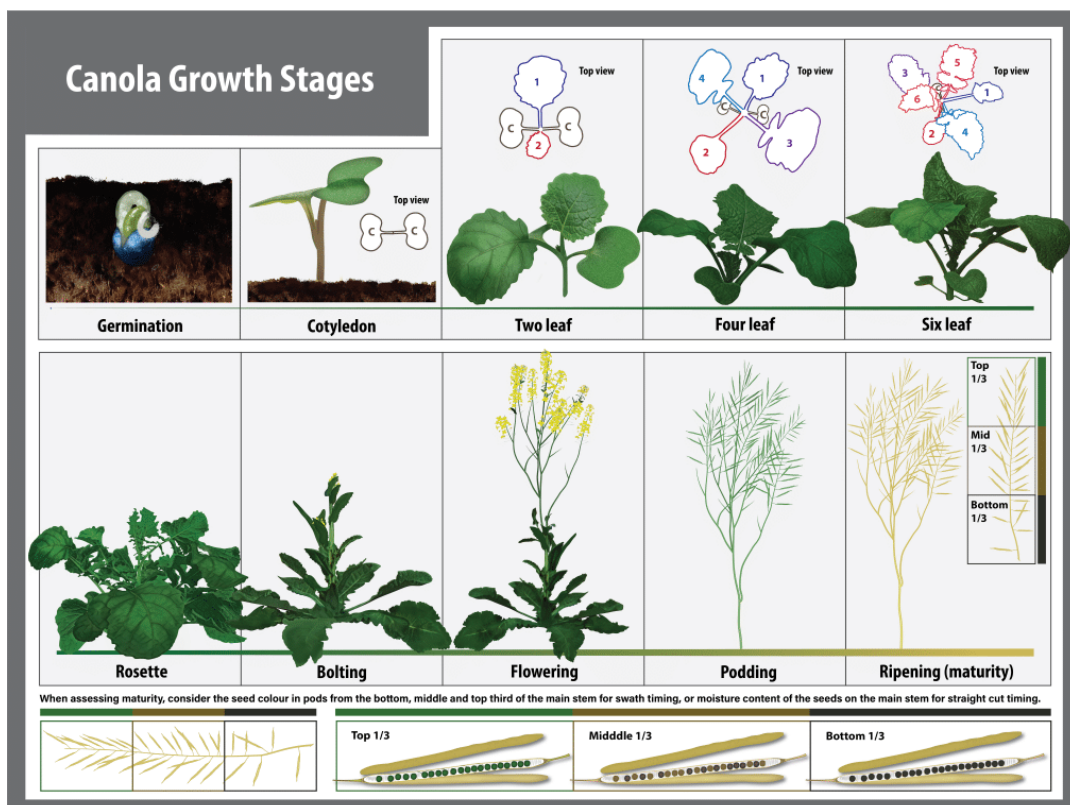


Figura 1: Estágios de crescimento e desenvolvimento da canola.

2.2 Tropicalização da cultura da canola

Entre os fatores que viabilizaram a expansão de cultivo da canola no Brasil está o desenvolvimento no ano 2000 dos híbridos de canola híbridos Hyola 43 e Hyola 60, estes que possuíam resistência “vertical” à doença canela preta, doença está que afetou a produção da época (TOMM, 2007). Assim, a partir disso, iniciou-se o aumento na demanda, o que fez com que várias empresas e cooperativas trabalhem para desenvolver e expandir cultivo de canola no país, buscando otimizar os fatores de produção, melhorar o desempenho das culturas de inverno e contribuir, portanto, para o sistema de produção de grãos (TOMM, 2006).

Através das características apresentadas pela planta de canola e por sua diversidade de formas de utilização, desde a produção de óleo, rotação de culturas, cobertura de solo no inverno, entre outras opções, é possível gerar grande valor socioeconômico por meio da cultura. No Brasil se cultiva apenas canola de primavera (*Brassica napus* L. var. *oleífera*), embora seu cultivo tardio no inverno poderia contribuir para otimizar ainda mais os meios de produção, como a terra, equipamentos, maquinários, mão-de-obra, entre outros, criando-se mais uma oportunidade de renda para os agricultores (TOOM, 2007).

A canola é uma planta adaptada ao cultivo em regiões de clima temperado, apresentando um bom desempenho em latitudes entre 35° e 55° S, faz-se necessário a busca por materiais genéticos com melhor adaptação para as condições de cultivo existentes no Brasil (TOMM *et al.*, 2014), sendo de extrema importância buscar pela tropicalização da canola, para que esta possa atender a demanda de crescimento da busca pelos seus produtos e coprodutos.

Ainda que a canola apresente potencial para cultivo em regiões do país que apresentam baixas latitudes, em decorrência do desenvolvimento nos últimos anos de genótipos menos sensíveis a fotoperíodo e embora ela tenha grande destaque para cultivo em safrinha, ainda é necessário investimentos adicionais em ações para adoção de estratégias que visem conhecer mais sobre a cultura e sua forma de manejo em um sistema de produção (GUIMARÃES *et al.*, 2022).

Visto as características das plantas de canola e seu potencial produtivo, é de grande relevância a expansão do cultivo para a região Sudeste do Brasil, uma vez que esta apresenta tolerância à seca e a possibilidade de utilização em sistemas de rotação com culturas já cultivadas na região, como a soja, milho, trigo e feijão (TOMM, 2007).

Graças a tropicalização da cultura, seu cultivo e sua produção foi se expandindo ao longo do tempo, sendo atualmente concentrada no estado do Rio Grande do Sul (CONAB, 2023a). Assim, regiões como o Sul que possui condições térmicas adequadas durante o outono, o inverno e o início da primavera, coincidindo com o período de crescimento da canola, permite seu desenvolvimento nestas regiões (DALMAGO *et al.*, 2010). Contudo, diversos estudos já têm relatado e indicado o potencial da cultura em climas mais quentes em latitudes inferiores aos 25°S (ARAÚJO *et al.*, 2019; ASSIS *et al.*, 2020; PANOZZO *et al.*, 2014; SANTIAGO *et al.*, 2023; TOOM *et al.*, 2008, 2009b).

Portanto, possui-se duas diferenciações quanto ao requerimento em vernalização pela canola, distinguindo-a em dois tipos, a canola de inverno e a de primavera. A canola de inverno corresponde pela maioria dos cultivos da Europa, sendo que a semeadura é realizada no outono (FUZARO, 2017; TOOM *et al.*, 2009a). As cultivares de canola primaveril (“spring canola”), cultivada no Brasil, é menos sensível ao fotoperíodo, o que permite seu cultivo em latitudes baixas das regiões subtropicais e tropicais. Essas variedades são mais adaptadas a locais com latitudes de 6° a 30°, que correspondem a regiões de clima mais quente, devido à sua menor sensibilidade ao fotoperíodo (RAPOSO *et al.*, 2016; TOMM *et al.*, 2008; TOMM *et al.*, 2009a).

Portanto, para se ter desempenho acima do esperado em baixas latitudes em regiões do clima tropical, é ideal possuir genótipos menos sensíveis ao fotoperíodo e a escolher regiões de cultivo com altitudes acima de 600m para as temperaturas serem mais amenas (TOMM, 2006). Visto que, condições como o aumento de temperatura e ambientes mais secos podem proporcionar redução do teor de óleo da cultura (PRITCHARD *et al.*, 2010).

Embora estudo indiquem a utilização da canola no Brasil, ainda se faz necessário a realização de ajustes sobre as tecnologias de manejo da cultura e seu cultivo em diferentes regiões e ambientes, especialmente para possibilitar o cultivo da canola como cultura safrinha nos sistemas de produção de grãos em locais com baixas latitudes (GUIMARÃES *et al.*, 2022).

Nesse sentido, o zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura, que pode auxiliar na definição e planejamento da instalação de culturas em diversas regiões de cultivo. Sua construção, baseia-se na realização do balanço hídrico da cultura, em que são consideradas variáveis, tais como as exigências

hídrica e térmica, duração do ciclo, das fases fenológicas e da reserva útil de água dos solos para cultivo desta espécie, bem como dados de precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência de séries de vários anos. Além disso, por se tratar de um modelo agroclimático, tem-se como base para sua realização de que não ocorrerão limitações quanto à fertilidade dos solos ou danos às plantas, pela ocorrência de plantas infestantes, insetos -pragas e doenças (BRASIL, 2021).

O primeiro zoneamento agroclimático para o cultivo de canola surgiu em 2008, abrangendo o Rio Grande do Sul (DE MORI; TOMM; FERREIRA, 2014). Atualmente, possui-se um novo (ZARC) ampliado com indicações de cultivo para diversas regiões do país, que inclui o sistema sequeiro e irrigado. Assim, através do deste zoneamento, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), consegue identificar os municípios que são aptos ao cultivo de canola e o período de semeadura para cada região, conforme a análise em três níveis de risco (20%, 30% e 50%) (BRASIL, 2021; GUIMARÃES *et al.*, 2022). Ao se analisar o ZARC atual, verifica-se a indicação de dez regiões de cultivo, que são o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, São Paulo, Bahia e Minas Gerais, sendo que, o período de semeadura da canola em Minas Gerias, em sistema sequeiro vai de 21 de fevereiro a 30 de abril e em sistema irrigado de 11 de abril a 31 de maio (BRASIL, 2021; GUIMARÃES *et al.* 2022).

Com isso, ainda que o crescimento e o desenvolvimento da canola sejam facilitados em regiões que possuem o clima temperado com temperaturas mais amenas, ela se adapta às mais diversas condições edafoclimáticas, desde que, seja bem manejada (TOMM, 2006).

Sendo a canola uma espécie de clima frio, esta possui preferência por temperaturas amenas, contudo, é sensível a geadas intensas durante o crescimento inicial e a floração, necessitando de realização de sua semeadura em locais que evitem o acúmulo de ar frio (DALMAGO *et al.*, 2009). Além disso, para a germinação e uma rápida emergência, às temperaturas ideais para a canola são de 10°C ou mais quentes (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2023), já em relação as temperaturas ideais para o cultivo da cultura, está varia entre 13°C e 22°C, sendo que temperaturas acima de 30°C cessam o crescimento e o desenvolvimento das plantas (HERTEL, 2012).

Ainda em relação à semeadura, devido a morfologia da semente da canola, estas que são relativamente pequenas e contêm uma quantidade limitada de reservas nutricionais para sustentar o crescimento inicial da planta, pode fazer com que a cultura precise de um tempo maior para se estabelecer após o processo. Portanto, deve-se atentar quanto a realização da semeadura mais tardia da cultura, visto que possui mais riscos de geadas em fase susceptível da

cultura e solos mais frios esta pode gerar redução no crescimento das plantas e torná-las mais vulneráveis ao ataque de doenças, pragas, entre outras restrições; e já em locais com clima quente e seco a semeadura tardia pode resultar no amadurecimento precoce da canola. Além disso, pode-se ter uma grande redução do número de sementes por siliqua e uma diminuição do teor de óleo da cultura quando esta passa por condições de clima quente durante o florescimento (POTTER, 2009). Desta forma, para maximização do rendimento da cultura, uns dos principais fatores que podem contribuir para o florescimento das plantas de canola no momento adequado, é a escolha correta da data da semeadura e a cultivar a ser utilizada (LILLEY *et al.*, 2019).

Existe uma grande variabilidade edafoclimática no Estado de Minas Gerais, constituindo-se como um fator limitante para o desenvolvimento agrícola de certas culturas, portanto, sendo necessária uma abordagem sistêmica de áreas potenciais e suas aptidões às culturas que se adaptam aos respectivos climas e microclimas das regiões de interesse, como é o caso da canola (CRUVINEL, 2018). Portanto, a realização de pesquisas que busquem o desenvolvimento da cultura, certamente irá favorecer a consolidação do cultivo e tropicalização da canola no Brasil (GUIMARÃES *et al.* 2022).

2.3 Aspectos econômicos da cultura da canola

A utilização de óleos vegetais, tanto na alimentação humana, na produção de biodiesel, quanto na alimentação animal através da produção de coprodutos da extração de óleo, indica sobre a condução, a manutenção e análise dos aspectos econômicos e sociais da capacidade de dependência brasileira da utilização de oleaginosas. Assim, o principal óleo produzido no Brasil é o de soja, desempenhando um papel crucial na fabricação de biodiesel. No entanto, observa-se uma crescente necessidade de reduzir a dependência de um único cultivo para essa produção. Nesse contexto, surge a oportunidade de explorar janelas produtivas para outras espécies oleaginosas, como a cultura da canola (OSAKI; BATALHA, 2011). Essa diversificação pode não apenas fortalecer a segurança alimentar e energética, mas também contribuir para a sustentabilidade e a resiliência do setor agrícola brasileiro.

No Brasil, o cultivo de canola iniciou-se na década de 1970 em Ijuí, no Noroeste do Rio Grande do Sul (DE MORI *et al.*, 2019). A pesquisa, o desenvolvimento e cultivo de canola em escala comercial tiveram início em 1974 no Rio Grande do Sul (TOOM, 2009b), contudo, a expansão da canola segundo Toom *et al.* (2009b), após extensiva experimentação, ocorreu principalmente no ano de 2006, momento este que foi iniciado o cultivo comercial da canola com ampla e estável resistência, possibilitando o fornecimento de características que conferiam

maior segurança à produção sem custo adicional ao produtor rural. Desta forma, ocorreu um expressivo aumento de área colhida até 2010, seguido de estabilização, sendo que, no ano de 1998 a área era de 3,4 mil hectares, em 2020 de 39,1 mil hectares, em 2022 de 55,2 mil hectares e em 2023 de 92,1 mil hectares, evidenciando um expressivo aumento nas áreas plantadas de canola (CONAB, 2024).

Em relação aos primeiros registros de comercialização de canola no Brasil, foi em 1981 para a exportação para o Japão por US\$ 255,00/toneladas, sendo que o negócio não foi muito favorável, pois o pagamento foi atrasado e ocasionou um grande prejuízo aos produtores (DIAS, 1992). Após esse fato, começou a ocorrer uma consolidação de canais de comercialização com a participação das indústrias de extração de óleo no fomento da produção, as quais passaram a ofertar insumos e suporte técnico para o cultivo com a opção de garantia de compra via contrato de compra e venda antecipada. Adicionalmente, com a criação do zoneamento agroclimático para a canola, passaram a ser criadas linhas de crédito e sistemas de seguro para garantia das operações, permitindo, desta forma, a expansão da cultura no Brasil (DE MORI; TOMM; FERREIRA, 2014)

A produção global de oleaginosas em 2023/24 está prevista para crescer 7%, atingindo um novo recorde de 672,0 milhões de toneladas, sendo previsto um aumento de 4% no consumo global de oleaginosas. Além disso, prevê-se um aumento de 3% na produção e consumo global de óleo vegetal, representando um aumento de em torno de 6,7 milhões de toneladas de óleo vegetal consumidos. No que se refere a colza/canola, prevê-se que o esmagamento global da oleaginosa atinja recordes de 81 milhões de toneladas de grãos e 33 milhões de toneladas de óleo, com projeções de aumento do consumo deste. Além disso, é projetado aumentos para uso da oleaginosa para fins industriais, tanto na produção de farinha de colza, quanto para biocombustíveis, que tem crescido consideravelmente. Desta forma, impactando diretamente no cenário econômico, social e ambiental (USDA, 2023a).

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (2023), o uso alimentar de óleos vegetais deverá responder por 57% do consumo total em 2032, impulsionado pelo crescimento e aumento do uso per capita de óleo vegetal em países de renda média e baixa. Além disso, o uso de óleo vegetal para biodiesel deverá crescer em cerca de 16% do uso global de óleo vegetal, especialmente em mercados emergentes como a Indonésia, Brasil e nos Estados Unidos, diminuindo sua utilização na União Europeia, ainda o maior produtor de biodiesel.

Atualmente, a canola ocupa a segunda posição mundial em produção de grãos oleaginosos, antecedida pela soja. O preço praticado no mercado nacional para a canola tem sido semelhante

ao preço da soja, sendo que, entre os anos de 1998 a 2004, a soja apresentou cotações superiores a canola-grão, variando de 1,7% (2001) a 34,5% (2002). Contudo, esse cenário passou a mudar a partir de 2004, sendo que no período de 2010 a 2012, as cotações de canola-grão foram de 1,4 a 13,8% superiores as cotações observadas para a soja (DE MORI; TOOM; FERREIRA, 2014). O mercado da canola ainda acompanha o preço da soja o que é considerado o maior incentivador para o produtor. Comparando-se atualmente os dados do preço mensal da saca de 60 kg de canola e soja, temos uma assimilação de preço, sendo a saca de canola (60 kg) vendida por R\$ 112,00 e a saca de soja (60 kg) por R\$ 127,00 (CONAB, 2023b).

A produção mundial de colza/canola na safra 2023 é de 88,068 milhões de toneladas, sendo que, a União Europeia, Canadá, China, Índia, Austrália, Ucrânia, Rússia, Estados Unidos, Reino Unido e Bangladesh, correspondem por 20.000; 18.800; 15.400; 12.500; 5.500; 4.400; 4.200; 1.895; 1.225; 1.030; milhões de toneladas da produção mundial. Em termos de porcentagem de produção mundial de colza/canola, estas são de: União europeia (23%), Canadá (21%), China (17%), Índia (14%), Austrália (6%), Ucrânia (5%), Rússia (5%), Estados Unidos (2%), Reino Unido (1%), Bangladesh (1%), Bielorrússia (1%), Paquistão (1%) e outros países (3%), no qual o Brasil está incluso (USDA, 2024).

Em relação à estimativa de crescimento de área no Brasil para a produção de grãos de 2022 para 2023, verifica-se um aumento de área total de aproximadamente 3,9 milhões de hectares, sendo que em relação as culturas de inverno houve aumento significativo desta área, totalizando em mais de 4,2 milhões de hectares semeados na última safra, com uma variação positiva de crescimento de 12,1%, o que corresponde ao aumento de mais de 460 mil hectares. Deste aumento de área da última safra, a canola corresponde à 36,9 mil hectares, apresentando uma variação positiva de crescimento de em torno de 66,8% (CONAB, 2023a).

Em relação a estimativa de produção de grãos (mil t), verifica-se que a canola apresenta estimativa de produção maior que culturas como o centeio e o triticale no ano de 2023, correspondente à produção de 146,5 mil toneladas, já o centeio e triticale, de 8,3 e 57,0 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2023a).

Ao analisar os dados da produção de grãos no Estado de Minas Gerais, verifica-se que em relação à estimativa de área total plantada de grãos (aproximadamente 78,87 milhões de hectares) na safra 22/23, o estado ainda corresponde com uma pequena parte da área total plantada (4,34 milhões de hectares), e com ausente área plantada de canola, sendo que a concentração de produção se encontra no Rio Grande do Sul (CONAB, 2023a).

Além disso, quando se realiza uma comparação a nível de produção mundial de canola, o Brasil ainda apresenta uma baixa produção. Notáveis países produtores de canola como o

Canadá possuem uma produtividade média por hectare variando entre 1705,0 a 2841,7 kg ha⁻¹ e Austrália em torno de 1600 a 2100 kg ha⁻¹ (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2022; GRANWAL *et al.*, 2024), enquanto no Brasil, a produção média da safra 2023 é de 1591 kg ha⁻¹. Embora a média nacional de produção do Brasil esteja abaixo de grandes países produtores de canola, o país tem potencial para aumento dessa produtividade de canola (VALE *et al.*, 2012), buscando reduzir as limitações de manejo referente a cultura e promovendo a expansão do cultivo de canola da região Sul do Brasil para áreas de Cerrado, como o Sudoeste de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (TOMM *et al.*, 2009a; VALE *et al.*, 2012), isto devido às regiões serem consideradas uma ótima opção econômica para os produtores e ainda pela enorme disputa pelo produto no mercado brasileiro e europeu (JÚNIOR; POZZO; SANTOS, 2017).

Ainda associado a produção da canola no Brasil, esta é considerada insuficiente em relação à demanda, mesmo possuindo a garantia de compra de toda canola que é produzida, visto que esta atende em apenas 30% do consumo. Além disso, enquanto a participação do óleo de canola representa no mercado de óleos vegetais valores superiores à 20 % em países como o EUA, no Brasil ele representa apenas 1% (PERES *et al.*, 2005).

Todavia, a cultura é caracterizada como uma ótima alternativa econômica, uma vez que está utiliza-se das mesmas estruturas de maquinários e equipamentos disponíveis nas propriedades para o cultivo de outras culturas, não necessitando assim de muitas aquisições. Além disso, seu uso no sistema de rotação de culturas, em associação com culturas como o trigo, possibilita a diminuição de problemas com doenças que afetam esse cereal e ainda fornece oportunidade de produção de óleos vegetais no inverno (JÚNIOR; POZZO; SANTOS, 2017).

Assim, se aplicado para a canola a capacidade empreendedora, a pesquisa e o desenvolvimento que se tem no país para com a soja, o Brasil pode se transformar em um grande produtor e exportador de canola (JÚNIOR; POZZO; SANTOS, 2017).

2.4 Contribuição da canola no sistema de produção

A prática da rotação de culturas, consiste na alternância de espécies vegetais no decorrer do tempo numa mesma área agrícola, possuindo uma sequência planejada de cultivos com diferentes culturas, na qual cada espécie pode desenvolver benefícios para o solo, para o meio ambiente, para a cultura sucessora, ou seja, para o sistema de produção como um todo (EMBRAPA, 2021).

Os sistemas de produção que visam um único cultivo e que não visam a diversificação de culturas, podem acarretar diversos entraves na sustentabilidade da produção agrícola, com o favorecimento de pragas, doenças, plantas daninhas e nematoides, ocasionando uma grande perda da qualidade do solo e comprometendo a sua capacidade de produção (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Desta forma, a falta de diversificação e a especialização apenas em algumas culturas específicas, está se tornando menos eficiente e sustentável, devido à promoção de uma estagnação da produção e um aumento dos custos de produção (TILMAN *et al.*, 2002).

Assim, visto a capacidade da canola em se desenvolver em variadas condições de ambiente e solo que sejam diferentes das regiões de clima temperado (desde que seja bem manejada), esta permite o cultivo em diversas regiões como opção de safrinha, conseguindo se adequar no sistema de produção de grãos e sendo uma ótima opção para utilização na rotação de culturas, reduzindo problemas fitossanitários de culturas como a soja, feijão, milho, trigo e outros cereais (TOMM, 2006). Além disso, por mais que no Brasil se cultive somente a canola de primavera, está também pode ser utilizada para cultivo de tardio no inverno, servindo de cobertura vegetal para o solo e contribuindo para otimizar a utilização dos recursos agrícolas favorecendo uma renda extra (MELGAREJO *et al.*, 2014).

Entre os pontos primordiais na rotação de culturas, está a escolha das espécies a serem utilizadas e no arranjo das sequências dos cultivos (WEI *et al.*, 2010). O ideal é rotacionar espécies de diferentes famílias botânicas, como é o caso da sequência de cultivo de soja - canola - milho - trigo, esta que tem a capacidade de proporcionar vantagens no controle de doenças e pragas, possibilita maior eficiência de uso de nutrientes e ainda possui facilidade de semeadura pela dinâmica dos maquinários utilizados para as culturas (TOMM, 2005).

Portanto, além do interesse comercial pela produção, a utilização da canola no sistema de rotação irá proporcionar benefícios variáveis, desde a contribuição para o controle de doenças e pragas, quanto para o aumento no rendimento de culturas utilizadas posteriormente ao seu cultivo. Além disso, por se tratar de uma espécie de inverno, não irá competir com áreas por de cultivo por soja, esta que uma das principais culturas anuais cultivadas no país (DURIGON *et al.*, 2016).

A canola é uma excelente opção para se associar na diversificação de culturas e na rotação com milho, soja, trigo e feijão, sendo que, seus restos culturais podem favorecer o aumento do rendimento e da qualidade desses grãos em cultivos posteriores (GUIMARÃES *et al.*, 2022).

Por ser uma opção de diversificação de cultivos e de rotação de culturas, a canola consegue proporcionar efeitos benéficos sobre a produção agrícola ao longo dos anos agrícolas

e sobre o ambiente como um todo, bem como a oportunidade de aumento da geração de renda ao empreendimento rural, possibilitando numa mesma área agrícola a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, além do controle ou minimização da ocorrência de plantas daninhas, doenças e pragas na lavoura (TOOM *et al.*, 2009a).

Outro benefício proporcionado pela canola no sistema de produção é quanto sua capacidade de descompactação natural dos solos da área que é cultivada, visto que, por pertencer a família das brássicas, tem raiz pivotante e grande número de raízes secundárias fasciculadas, que facilitam esse processo. Além disso, o sistema radicular da canola possibilita a exploração de uma maior área de solo, o que permite as plantas a buscarem as camadas mais profundas do solo, realizando um aproveitamento de nutrientes que estão abaixo da profundidade explorada por outros cultivos agrícolas, através do processo de reciclagem de nutrientes. Visto isso, é por meio destas características que a canola se torna muito mais eficiente no aproveitamento de nutrientes minerais e, sobretudo de água, do que outros cultivos de cereais, como o milho e o trigo (TOOM *et al.*, 2009a).

Todavia, ainda existem alguns desafios de estudo quanto à utilização da canola no sistema de produção, sendo ainda necessário a realização de pesquisas que busquem o estudo da adaptação de cultivares nas diferentes regiões do país, a melhor época de semeadura, doses de adubação para cada região de cultivo; e as que busquem as definições dos níveis de controle de insetos-pragas, doenças e plantas daninhas, buscando ampliar o número de produtos registrados para aplicação na canola (GUIMARÃES *et al.*, 2022).

Assim, nesse contexto de ampliação de produtos para canola, tem-se a necessidade de ampliação do rol de herbicidas indicados para o controle de plantas daninhas eudicotiledôneas (folhas largas), visto que, estes são limitados. Além disso, segundo Toom (2000), é necessário o desenvolvimento de herbicidas para aplicação em pós-emergência com seletividade para a cultura da canola, dado que, esse consiste em uma das principais limitações no controle de plantas daninhas no sistema de produção de canola (TOMM, 2000).

2.5 Manejo de plantas daninhas

Plantas daninhas são definidas como um conjunto de plantas que infestam áreas de interesse pelo homem (áreas agrícolas, pecuárias, entre outras), sendo que estas competem pelos mesmos componentes requisitados pelas plantas para seu desenvolvimento, gerando significativa perda da produtividade de um sistema e promovendo a elevação dos custos de produção (RICHETTI *et al.*, 2003). A presença de plantas daninhas na cultura da canola

constitui-se como uma das barreiras para se atingir às altas produtividades, devido a sua capacidade de redução de água, luz e nutrientes para a cultura (VARGAS *et al.*, 2011).

Entre as principais plantas daninhas que afetam a cultura da canola e que são as mais competitivas por recursos do meio de uma lavoura, é pertencente geralmente, à mesma família da canola (AGOSTINETTO *et al.*, 2010). Assim, entre as plantas infestantes que causam elevados prejuízos na produtividade e qualidade de grãos, principalmente na região Sul do Brasil, temos o nabo/nabiça (*Raphanus raphanistrum* e *R. sativum*) e o azevém (*Lolium multiflorum*) (GALON *et al.*, 2015). De Mori *et al.* (2019), também relata para as regiões do RS, PR e MG a presença de diversas espécies de plantas daninhas, entre elas o azevém (*Lolium multiflorum*), o nabo (*Raphanus sativus*) e a buva (*Conyza spp.*).

Desta forma, principalmente as espécies de plantas infestantes *R. sativus* e *R. raphanistrum*, são de difícil controle no sistema de produção, visto que devido as suas semelhanças morfofisiológicas com a canola, além de promover competição entre elas, gera uma grande dificuldade de manejo para utilização de produtos químicos (DURIGON *et al.*, 2019).

Ainda por se tratar de uma cultura não consolidada no sistema de produção no Brasil, existem ainda poucos estudos que se referem sobre a interferência de plantas daninhas na cultura e seu controle, especialmente quanto à definição de períodos críticos de interferência. A definição destes períodos críticos contribuirá para o estabelecimento do controle de plantas invasoras em época correta e apropriada, permitindo o manejo mais eficiente das plantas daninhas (NICHELATI *et al.*, 2020).

Além disso, poucos herbicidas (23 produtos formulados) são atualmente recomendados para a cultura, sendo registrados no Brasil, apenas cinco princípios ativos (cletodim, fluazifope, imazapir, imazamoxi e s-metolacoloro) no manejo de plantas daninhas em pré e pós-emergência. Os princípios ativos glifosato, dicamba e atrazina também se encontram nos registros de uso na cultura, no entanto, os dois primeiros recomendados em manejo de dessecação e a atrazina sem informações e especificações no sistema de Agrotóxicos fitossanitários-Agrofit (BRASIL, 2023). Portanto, ainda existe uma escassez de informações sobre a utilização de herbicidas na cultura da canola, sendo que, se tem limitações quanto ao conhecimento do assunto, se tem limitações também do desenvolvimento da cultura (GARCÍA, 2019).

2.5.1 Estratégias de controle

Visando o controle de plantas daninhas, é de extrema importância o conhecimento do período de interferência de plantas daninhas em uma cultura. Assim, três períodos são de grande importância, o primeiro que é o período total de prevenção da interferência das plantas daninhas (PTPI), o segundo que é o período anterior à interferência (PAI) e o terceiro que é o período crítico de prevenção à interferência (PCPI). O PTPI, refere-se ao intervalo de tempo que uma cultura deve ser mantida sem a presença de plantas daninhas para que não haja perdas da sua produção, sendo que as plantas daninhas que se instalarem após esse período não terão condições para interferir de forma significativa sobre a produtividade da cultura de interesse. Já o PAI, corresponde ao espaço de tempo que uma cultura consegue após a sua emergência, conviver com uma população de plantas daninhas sem que ocorra perda da sua produtividade. E por fim, o PCPI, este que diz respeito ao momento em que a cultura precisa ser mantida na ausência de plantas daninhas para que ela possa expressar todo seu potencial produtivo, portanto, necessitando da tomada de medidas de controle que sejam eficazes (PITELLI *et al.*, 2002).

Por mais que se tenha um entendimento estabelecido sobre o período de interferência das plantas daninhas em diversas culturas agrícolas, ainda não existem estudos disponíveis que tenham identificado de forma clara o período de interferência e o potencial de danos dessas plantas na produtividade da canola (VARGAS *et al.*, 2011). Embora, estudos relatem que para a canola o PAI corresponde a 8 DAE, PTPI a 23 DAE e o PCPI de 8 a 23 DAE da canola (NICHELATI *et al.*, 2020).

Em relação ao controle de plantas daninhas em um sistema, os métodos devem ser voltados para um manejo integrado, que envolve um conjunto de práticas de manejo do solo e culturais que irão interferir negativamente no estabelecimento e na competição das plantas daninhas com a cultura, além de ser capaz de proporcionar o controle por diferentes meios alternativos, seja ele preventivo, mecânico, físico, químico ou biológicos. Assim, o produtor deve buscar todos os recursos que possui para realizar a combinação dessas práticas, sendo que, não existe um melhor método de controle, mas sim, o que mais se adequa para uma determinada situação e momento (CONSTANTIN *et al.*, 2011)

O manejo preventivo deve ser a primeira estratégia adotada ao se realizar a implantação de um cultivo. Portanto, consiste em evitar a introdução, infestação e disseminação de plantas daninhas em uma área sem incidência (RIZZARD *et al.*, 2008a), sendo que, entre as medidas de controle estão à aquisição de sementes certificadas, puras e de procedência idôneas, estando dentro dos parâmetros exigidos pela legislação para sua comercialização. Características como

o vigor das sementes da planta a ser cultivada, também interferem no controle de plantas daninhas, visto que, as que possuem alto vigor tem maior probabilidade de se estabelecer e crescer mais rapidamente sobressaindo-se sobre as plantas daninhas da área, por serem mais competitivas. Além disso, o controle de plantas daninhas em beiras de estradas, carregadores, entre outros, possibilita a não disseminação destas dentro da área de interesse de cultivo (DURIGON *et al.*, 2016).

O manejo cultural, consiste em favorecer a competitividade da cultura em relação a planta daninha, utilizando de qualquer condição ambiental ou medida de manejo que favoreça o crescimento da cultura de interesse. Como exemplo de práticas de manejo cultural no controle de plantas daninhas, pode-se citar o uso de plantas de cobertura na entressafra da cultura de interesse econômico e a implementação do sistema de plantio direto que pode favorecer a lenta ou não germinação de diversas espécies de plantas daninhas (RIZZARDI *et al.*, 2008a).

Já as medidas mecânicas, utilizam-se de algum instrumento (enxadas, roçadeira, etc.) que possa arrancar ou cortar as plantas daninhas. Diferentemente do método de controle físico, este que adota práticas que busquem exercer alguma influência física sobre as plantas daninhas para promover o seu controle (SAUSEN *et al.*, 2020).

Em relação ao controle químico, que é o mais utilizado atualmente, este interfere sobre os processos bioquímicos e fisiológicos das plantas, de modo que com a utilização de produtos químicos (herbicidas), em concentrações adequadas, é possível matar ou retardar significativamente o crescimento das plantas daninhas (SAUSEN *et al.*, 2020). O emprego de herbicidas representa a principal abordagem para o controle de plantas daninhas, devido à sua rapidez, eficácia e custos relativamente menores em comparação a outras técnicas de manejo. Entretanto, é essencial realizar estudos de seletividade desses produtos a fim de avaliar seu potencial fitotóxico sobre a cultura de interesse econômico (CORREIA; CARVALHO, 2021; SAUSEN *et al.*, 2020).

Todavia, ao verificar a existência de herbicidas registrados para o controle de plantas daninhas na canola no MAPA (BRASIL, 2023), base de dados AGROFIT, verifica-se que existem poucos produtos seletivos registrados, sendo apenas vinte e três herbicidas formulados, em sua maioria para o controle de plantas daninhas de folhas estreitas e/ou controle de folhas largas em canola utilizando o sistema Clearfield® (CL), o que tem dificultado o manejo de plantas infestantes em cultivares que não possuem esta característica.

A espécie de canola *Brassica napus* L. var. *oleífera* cultivada no Brasil, apresenta cruzamento facultativo com alto grau de autopolinização, contudo, quando se encontra na presença de muitos polinizadores, pode ocorrer uma maior proporção de polinização cruzada e

com a utilização da fertilização direcionada pode-se obter até 100% de cruzamentos (SNOWDON; LÜHS; FRIEDT, 2007). A alta taxa de fecundação cruzada existente na canola, de até 21,8%, facilita o processo de fluxo de genes via pólen, este que pode percorrer por longas distâncias (2 km) (RIEGER et al. 2002).

Nesse contexto, nas pesquisas realizadas por Hall, Topinka e Gold (2002), verificou-se um elevado fluxo de genes do pólen da canola transgênica resistente ao Glifosato (RR) e ao Glufosinato (RL), sendo esta a mais cultivada no Canadá. No entanto, na América do Sul, não é liberado o comércio e cultivo de sementes transgênicas, visto que, existe a possibilidade de cruzamento desta canola transgênica resistente à herbicidas, com espécies de plantas daninhas crucíferas existentes por exemplo no Brasil (como a nabiça e o nabo forrageiro), fazendo com que estas plantas daninhas tenham alto potencial para se tornar resistentes, o que inviabilizaria, portanto, a tecnologia transgênica para a canola no país (TOMM *et al.*, 2009a).

Entre as tecnologias que foram desenvolvidas e que tem contribuído para o cultivo e o uso de herbicidas na canola do Brasil, está o uso de híbridos resistentes a herbicidas do grupo das imidazolinonas, denominados híbridos Clearfield® (DURIGON *et al.*, 2016). Tecnologia esta que foi criada a partir do processo de mutação induzida sobre as plantas de canola, de forma que elas receberam doses do herbicida imazamox a fim de selecionar plantas mutantes resistentes às imidazolinonas. E foi a partir disso que foram criados os híbridos Hyola 575 CL e Ceres IMI, estes sendo não transgênicos e obtidos através do processo de melhoramento genético clássico (TAN *et al.*, 2005). Nessa mesma linha, também foi criada a canola híbrida tolerante à triazina (TT), esta que já existe a muitos anos no Canadá (1984) (TEIXEIRA, 2012), contudo, no Brasil não foi comercializada na safra 2022/23.

No Brasil há uma carência de herbicidas registrados para a cultura da canola, contudo, países como o Canadá, possuem diversos herbicidas que podem ser utilizados na cultura em pré e pós-emergência (SASKATCHEWAN MINIST RY OF AGRICULTURE, 2023). Considerando que, alguns princípios ativos de produtos utilizado no Canadá podem ser encontrados no Brasil, há um potencial para testes.

2.5.2 Herbicidas pré-emergentes

O uso de herbicidas em pré-emergência é uma das práticas de manejo que oferece a vantagem de se controlar as plantas daninhas antes que estas possam competir com a cultura de interesse e provocar a redução do seu rendimento (REIS *et al.*, 2014). Sendo assim, destacam-se alguns herbicidas com potencial de uso na cultura da canola.

A compreensão das interações dos herbicidas com o solo é de extrema importância, pois, quer sejam aplicados diretamente no solo ou nas partes aéreas das plantas, esses produtos acabam por afetar o solo, seja de forma direta ou indireta (MANCUSO *et al.*, 2011). No contexto dos solos, a degradação dos herbicidas é influenciada por diversos fatores, incluindo as características das moléculas herbicidas, as propriedades dos solos e as interações complexas entre o solo, o herbicida e o clima. A falta de conhecimento sobre a persistência dos herbicidas no solo pode resultar em danos às culturas subsequentes, na perda de biodiversidade e no risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Portanto, a pesquisa e a compreensão dessas interações são cruciais para o manejo sustentável dos herbicidas e a proteção do meio ambiente (COBBUCI; MACHADO, 1999; FERRI; VIDAL, 2003).

O clomazona, é um herbicida pertencente ao grupo químico das isoxazolidinona, este apresenta como mecanismo de ação a inibição da biossíntese de carotenoides, o qual atua no processo da fotossíntese (SANCHOTENE *et al.*, 2010). Esse grupo de herbicidas atua principalmente através do bloqueio da síntese de pigmentos carotenoides nas plantas, o que leva à fotodegradação da clorofila nas folhas expostas à luz. Esse processo resulta na despigmentação das folhas e na perda de praticamente todos os pigmentos, conferindo uma aparência "albina" às plantas suscetíveis. Devido a esse efeito de despigmentação, esses herbicidas são frequentemente chamados de "bleachers". Eles são amplamente utilizados para o controle de plantas daninhas na agricultura e na jardinagem, uma vez que tornam as plantas suscetíveis incapazes de realizar a fotossíntese, levando, eventualmente, à sua morte (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Após a aplicação de um herbicida que bloqueia a síntese de carotenoides, o crescimento das plantas continua por um período, porém, sem a formação de tecidos verdes fotossintéticos. Eventualmente, o crescimento é interrompido, e sinais de necrose começam a se manifestar. Herbicidas que inibem essa biossíntese não causam efeitos nos carotenoides já presentes, de modo que os tecidos desenvolvidos antes do tratamento não exibem os habituais sintomas albinos. Embora o crescimento das novas partes seja branco, esses herbicidas não inibem diretamente a biossíntese de clorofila. Em vez disso, isso ocorre devido à destruição dela pela luz (fotooxidação) ou, possivelmente, devido à ausência de carotenoides, o que indiretamente causa distúrbios na biossíntese usual de clorofila e no desenvolvimento do cloroplasto. Os carotenoides desempenham um papel crucial na proteção da clorofila contra a fotooxidação. Quando esses compostos não estão presentes, ocorre um processo de degradação na planta, que

inclui a quebra da clorofila. Conseqüentemente, na ausência de carotenoides, as clorofilas não conseguem manter sua funcionalidade e estabilidade (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

No Canadá, o clomazone é um herbicida usado em pré-emergência dos cultivos de canola tolerantes à herbicidas para ajudar no controle de plantas daninhas. Os agricultores canadenses seguem as diretrizes e regulamentos específicos para o uso de clomazone e outros herbicidas, a fim de garantir a segurança dos alimentos e do meio ambiente (SASKATCHEWAN MINISTRY OF AGRICULTURE, 2023).

Estudos têm evidenciado a eficácia da aplicação do herbicida clomazone na produção de canola em países importantes para essa cultura, como o Reino Unido. Em particular, quando utilizado em mistura com o Metazachlor, o clomazone tem se mostrado eficaz no controle de várias plantas daninhas de folhas largas, como a *Capsella bursa-pastoris*, *Galium Aparine*, *Sisymbrium officinale*, entre outras. É relevante notar que, embora essa mistura inicialmente possa causar um efeito albinismo temporário nas plantas de canola, há relatos de que essas plantas se recuperam posteriormente (FARM ADVISORY SERVICE, 2020). No contexto brasileiro, é importante mencionar que ainda há uma escassez de estudos sobre o uso desse herbicida. No entanto, pesquisas conduzidas por Marques (2017) e por Vargas *et al.* (2021) já indicaram um potencial de seletividade da canola em relação a esse herbicida.

O S-metolachlor é pertencente ao grupo químico da cloroacetamidas e é considerado como um inibidor de crescimento inicial, do subgrupo K3, ou seja, é inibidor da divisão celular. Os herbicidas que fazem parte deste grupo químico são eficazes no controle de gramíneas e de algumas poucas dicotiledôneas. Geralmente, são aplicados na fase de pré-emergência das plantas daninhas, agindo no controle de sementes em processo de germinação e plântulas muito jovens, especialmente de gramíneas anuais e de algumas poucas folhas largas, como o exemplo do caruru (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Apesar de sua relevância na agricultura, o mecanismo de ação desses herbicidas ainda é pouco compreendido. A ação fitotóxica dessas substâncias ocorre por meio da inibição da síntese de proteínas nos meristemas apicais das partes aéreas e das raízes em plantas suscetíveis. Essa inibição resulta na interrupção da divisão celular e no aumento do tamanho das células, o que causa a inibição do crescimento tanto das raízes quanto da parte aérea da planta. Além disso, esses herbicidas também afetam a alongação das folhas, a síntese de lipídios e a formação da cutícula foliar. Em condições climáticas adversas, como temperaturas baixas, alta umidade e chuvas, antes da emergência das plantas daninhas, pode ocorrer um aumento na absorção

desses herbicidas, o que pode resultar em danos mais significativos às plantas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

S-metolachlor é um herbicida seletivo, indicado para o controle em pré-emergência de plantas infestantes nas culturas de soja, sorgo, milho, cana-de-açúcar, feijão, algodão, girassol, canola, mandioca e uva. Na cultura da canola, é recomendado para controle de plantas daninhas como: caruru rasteiro (*Amaranthus deflexus*); capim-colchão (*Digitaria horizontalis*); capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), fedegoso (*Chamaecrista rotundifolia*) e capim-marmelada (*Braquiária plantaginea*) (BRASIL, 2023).

2.5.3 Herbicidas pós-emergentes

Um dos problemas que ainda existe em relação ao controle de plantas daninhas na canola, é quanto à existência de herbicidas pós-emergentes que sejam seletivos para a cultura e que consigam promover um controle eficiente das plantas daninhas de folhas largas (NICHELATI *et al.*, 2020; VARGAS *et al.*, 2011).

A aplicação de herbicidas, mesmo na dose recomendada, afeta de algum modo o metabolismo das plantas, sendo que estes podem causar sintomas como clorose e necrose foliar, redução do crescimento das plantas, além de outros sintomas que são característicos de intoxicação (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007).

O herbicida quincloraque é um produto sistêmico absorvido por sementes em germinação, raízes e folhas de plântulas. Sendo que, este se demonstra eficiente no controle de diversas plantas dicotiledôneas e monocotiledôneas, possuindo potencial para ser usado em culturas como o arroz, canola, cevada, milho, pastagens e sorgo (FIPKE; VIDAL, 2016).

O herbicida quincloraque é autorizado para uso na cultura da canola em países como o Canadá. Ele é frequentemente aplicado em pré-emergência, tanto de forma isolada quanto em combinação com o glifosato, antes do plantio da canola. Além disso, também pode ser utilizado em pós-emergência, sendo adequado para todas as variedades de canola que tenham até seis folhas desenvolvidas. Essa flexibilidade de aplicação torna o quincloraque uma ferramenta valiosa no manejo de plantas daninhas na cultura da canola (SASKATCHEWAN MINISTRY OF AGRICULTURE, 2023).

O quincloraque é um herbicida mimetizador de auxina que reúne flexibilidade na aplicação em pré e pós-emergência (ANDRES *et al.*, 2002). Os herbicidas mimetizadores de auxina, quando em baixas concentrações podem estimular a RNA polimerase, resultando em

aumentos subsequentes de RNA, DNA e biossíntese de proteínas. Sendo que o aumento anormal nesse processo pode levar a síntese de auxinas e giberelinas, promovendo rápida divisão e alongamento celular nas partes novas das plantas, ativando seu metabolismo e levando ao seu esgotamento. Já altas concentrações do herbicida, podem levar a inibição da divisão celular e do crescimento, estimulando a liberação do etileno, que em alguns casos, poderá produzir sintomas característicos de epinastia (SENSEMAN, 2007).

O primeiro sintoma característico destes herbicidas hormonais como o quincloraque, é a epinastia das folhas e pecíolos. Sendo que à medida que outras funções metabólicas são afetadas, o metabolismo geral e as funções celulares normais são interrompidas, causando o aparecimento de sintomas como deformações nas nervações e no limbo foliar; paralisação do crescimento e engrossamento de raízes, principalmente na região das gemas, podendo também induzir ao aparecimento de raízes adventícias; tumores ao longo do caule da planta, principalmente nos nós; e a morte de plantas susceptíveis ocorre de forma lenta, geralmente entre 3 e 5 semanas após a aplicação (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Nessa mesma linha de herbicidas mimetizadores de auxina, temos o dicamba, que é um herbicida que tem como mecanismos de ação a auxina sintética, sendo que este possui aspecto de atuação em espécies de plantas daninhas de folha larga (GAN; MORTENSEN, 2012). Assim, nas células vegetais ele se liga ao receptor de auxina e desregula vários processos importantes, resultando em crescimento anormal, paralisação do crescimento, deformações nas nervuras, que ocasionam a morte da planta. O dicamba possui ação sistêmica, se transloca via floema e é absorvido pelas folhas, caule e raiz, controlando plantas daninhas (UNDERWOOD, 2017).

Vigna et al. (2012), verificando as possibilidades de controle químico de plantas invasoras na canola (*Brassica napus* L.), obteve-se para o dicamba e picloram, fitotoxicidades intermediárias em relação aos demais produtos testados, ao modo que à medida que se aumentou a dose aplicada de dicamba, ocorreu também um aumento nos sintomas de fitotoxicidade pela planta. Além disso, os autores reforçam que seria necessário um número maior de ensaios para ficar mais clara a viabilidade de uso nas lavouras de produtos como o dicamba, pendimetalin, picloram e carfentrazone no controle de plantas daninhas.

Portanto, é requerido um controle inicial das plantas daninhas na cultura da canola, sendo que está possui tolerância em todos os estádios fenológicos, todavia, para se evitar prejuízos causados pela competição com plantas invasoras é indicada a pulverização com herbicidas apenas até a fase em que a planta apresenta de 4 a 6 folhas verdadeiras (TOOM *et al.*, 2009b).

Embora o sistema Clearfield® tenha facilitado o controle de plantas invasoras infestantes de folhas largas e estreitas por meio do emprego de herbicida pós-emergente em área de cultivo com híbridos CL, o uso repetitivo e continuado da tecnologia pode favorecer a seleção de plantas invasoras resistentes a herbicidas do grupo das Imidazolinonas (inibidores de ALS), reduzindo a efetividade e a vida útil do sistema (TOOM *et al.*, 2017).

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO D. *et al.* Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 993-1003, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500007>.

ANDRES, A. *et al.* Uso de inibidores de tubulina, de ACCase e de ALS em arroz irrigado para o controle de capim-arroz resistente a quinclorac. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 203.

ARAÚJO, L. N. de *et al.* Avaliação de genótipos de canola na região do Cerrado. In: 7º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DE BIODIESEL, 7., 2019, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel, 2019. p. 455-456.

ASSIS, R. M. *et al.* Desempenho agrônomico da canola em três épocas de semeadura em Jataí-GO. **Revista de Biociências**, Uberlândia, v. 36, n.1, p. 36-47. DOI 10.14393/BJ-v36n0a2020-48258

BANDEIRA, T. P. **Ecofisiologia da canola Hyola 61 sob variações no arranjo de plantas**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo, 2013. Disponível em: <<http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/553#preview-link0>>. Acesso em: 05 set. 2023.

BARTHET, V. J *et al.* Canola: Overview. In: **Reference Module in Food Science**. Elsevier, p. 237-241, 2016.

BARTHET, V. J.; DAUN J. K. Seed morphology, composition, and quality. In: **Canola Chemistry, Production, Processing, and Utilization**. Elsevier, p. 119-162, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-9818936-5-5.50009-7>.

BERGMANN, J. C. *et al.* Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p.411–420, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.058>.

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, C. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELATTO, L. P. C. **Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 291-310, 2007.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema AGROFIT** [Base de dados na Internet].2023. Disponível em:<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>>. Acesso em: 26 set. 2023.

BRASIL. MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de canola, em sistema de cultivo sequeiro, no Estado de Minas Gerais. Portaria MAPA nº 494 de 9 de novembro de 2021. Disponível em: <

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/minas-gerais/word/PORTN494CANOLADESEQUEIROMG.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2023.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canadian canola production statistics**. 2022. Disponível em: < <https://www.canolacouncil.org/markets-stats/production/>>. Acesso em: 22 set. 2023.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola Grower's Manual**. 2023. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/publication-resources/print-resources/crop-production-resources/archived-crop-production-publications/canola-growers-manual/>>. Acesso em: 20 set. 2023.

COBBUCI, T.; MACHADO, E. Seletividade, eficiência de controle de plantas daninhas e persistência no solo de imazamox aplicado na cultura do feijoeiro. **Planta Daninha**, v.17, n.3, p.419-432, 1999. DOI: 10.1590/S0100-83581999000300009.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. 2023a. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 22 dez. 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Preços Agropecuários**. 2023b. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/precos>>. Acesso em: 16 set. 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries Históricas das Safras: Canola**. 2024. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/902-canola>>. Acesso em: 18 fev. 2024.

CONSTANTIN, J. Métodos de manejo. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; CONSTANTINI, J.; INOUE, M. H (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. Cap 3, p. 67-78.

CORREIA, N. M.; CARVALHO, A. D. F. Seletividade de herbicidas para batata-doce. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 20, n. 1, e202100740., fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v1i1.740>.

CRUVINEL, A. da S. **Zoneamento agroclimático da cultura da canola para a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG – MG**. 2018. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Biocombustíveis, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24087>>. Acesso em: 02 nov. 2023.

DALMAGO, G. A. et al. Aclimação ao frio e dano por geada em canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p.933 -943, set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000900001>.

DE MORI, C. et al. **Levantamento de tecnologias empregadas no cultivo de canola pelos produtores do Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2019. 56 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 181). Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1114872/levantamento-de->

tecnologias-empregadas-no-cultivo-de-canola-pelos-produtores-do-rio-grande-do-sul-parana-e-minas-gerais>. Acesso em: 20 set. 2023.

DE MORI, C.; TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 36 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 149). Disponível em : <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/988475/aspectos-economicos-e-conjunturais-da-cultura-da-canola-no-mundo-e-no-brasil>>. Acesso em: 03 set. 2023.

DIAS, J. C. A. **Canola/colza**: alternativa de inverno com perspectiva de produção de óleo comestível e energético. Pelotas: Embrapa-CPATB, 1992. 46 p. (Embrapa-CPATB. Boletim de Pesquisa, 3). Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=745063&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22DIAS,%20J.%22&qFacets=autoria:%22DIAS,%20J.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>> Acesso em: 23 set. 2023.

DURIGON, M. et al. Indicações de uso e boas práticas de manejo da tecnologia Clearfield em canola para as regiões Sul e Centro-Oeste. **Revista Plantio Direto**, v. 25, n.1, p. 22-30, 2016.

DURIGON, M. R. Competitive Ability of Canola Hybrids Resistant and Susceptible to Herbicides. **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, Passo Fundo, v. 37, n. 1, p. 1-9, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100133>.

EDWARDS, J.; HERTEL, K. **Canola growth and development**. New South Wales: Department of Primary Industries, 2011. 90 p.

EMBRAPA. **Conceitos e benefícios da rotação de culturas**. 2021. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em:<<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fuv8p84w02wx5eo0c9slraiowshib.html>>. Acesso em: 04 dez. 2023.

ESTEVEZ, R. L. et al. A Cultura da Canola (*Brassica napus* var. *oleifera*). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2014.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO 2023-2032**. Paris, OCDE, 18p. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/publicacoes/sumario-executivo-i-ocde-fao-perspectivas-agricolas-2023-2032>>. Acesso em: 24 out. 2023.

FARMING ADVICE SERVICE. **Winter Oilseed Rape Updat**. 2020. Disponível em: <https://www.fas.scot/article/winter-oilseed-rape-august-2020/>. Acesso em: 25 set. 2023.

FERRI, M.V.W.; VIDAL, R.A. Persistência do herbicida acetochlor em função de sistemas de preparo e cobertura com palha. **Ciência Rural**, v.33, n.3, p.399-404, 2003. DOI: 10.1590/S0103-84782003000300002.

FIPKE, M.V.; R.A. VIDAL. Integrative Theory of the Mode of Action of Quinclorac: Literature Review. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 393-402, jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340200020>.

FRIEDT, W. et al. Academic and Economic Importance of Brassica napus Rapeseed. In: **The Brassica napus Genome**. Springer, Cham, p. 1-20, 2018.

FUZARO, L. et al. Floral visitors of canola (*Brassica napus* L.) hybrids in Cerrado Mineiro region, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 86, p. 1-10, jan. 2019. DOI: 10.1590/1808-1657001312018.

GALON, L. et al. Competitive ability of canola hybrids with weeds. **Planta Daninha**, Viçosa. v. 33, n. 3, p. 413-423, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300004>.

GAN, J. F. E; MORTENSEN, D. A. Quantifying vapor drift of dicamba herbicides applied to soybean. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pennsylvania USA, v. 31, n. 5, p. 1023–1031, 2012.

GARCÍA, M. F. W. **Selectividad de herbicidas en Brassica napus Y Brassica carinata**. 2019. 57 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomía, Universidad de La República, Montevideo Uruguay, 2019. Disponível em: <[https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29383/1/WallerGarc% c3%adaMar%c3%adaFlorenca.pdf](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29383/1/WallerGarc%c3%adaMar%c3%adaFlorenca.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2023.

GRANWAL, L. et al. Yield of canola in Australia from financial year 2010 to 2024(in metric tons per hectare). Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1362963/australia-canola-yield/#statisticContainer>>. Acesso em: 06 abr. 2024.

GUIMARÃES C. G. et al. **Canola: Panorama atual e tecnologias de produção no Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Agroenergia; 2022. (Documentos, 40). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1140176/canola-panorama-atual-e-tecnologias-de-producao-no-brasil>>. Acesso em: 10 out. 2023.

HALL, L.; TOPINKA, K.; GOOD, A. **Environmental impact of herbicide-resistant canola (Brassica napus) in Canada**. Edmonton: University of Alberta, Alberta Agriculture Food and Rural Development, 2002. Palestra ministrada pela Dra. Linda Hall na Embrapa Trigo, em 20 ago. 2002.

HERTEL, K. Module 7: Harvest management. In: **Better Canola - Canola Technology Update for growers and advisors**. Australian Oilseeds Federation, v. 2, p. 6-65, 2012.

JÚNIOR, E. S.; POZZO, D. M. D.; SANTOS, R. F. Estudo sobre a cultura de canola (*Brassica napus* L.) no contexto de culturas energéticas. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 5, p. 140-146, 2017. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v6i5.18487>.

KAEFER, J.E et al. Produtividade de grãos e componentes de produção da canola de acordo com fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.4, p.273-280, abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000400005>.

KRISHNA, K. R. **Agroecosystems: soils, climate, crops, nutrient dynamics and productivity**.1. ed. New York: Apple Academic Press, 522 p., 2013.

- LAVIOLA, B. G. et al. **Performance de genótipos de canola nas condições de Cerrado**. Brasília, DF. Brasília-DF: Embrapa Agroenergia, 2019. 24p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1117451/1/BRUNOBP20.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2023.
- LILLEY, J. M. et al. Defining optimal sowing and flowering periods for canola in Australia. **Field Crops Research**, v. 235, p. 118-128, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2019.03.002>.
- MANCUSO, M.A.C. et al. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.10, n.2, p.151-164. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i2.106>.
- MARQUES, R. F. **Períodos de interferência de plantas daninhas e seletividade a herbicidas em canola, níger e cártamo**. 2017. 93 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/472>. Acesso em: 06 nov.2023.
- MELGAREJO, M. A.A. et al. Características agronômicas e teor de óleo da canola em função da época de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 934-938, abr. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p934-938>.
- NICHELATI, F. D. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura da canola (*Brassica napus* L.). **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 18, n. 1, p. 39-47, 12 abr. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.28998/rca.v18i1.7807>.
- NOGUEIRA, M. V. C. et al. Estudos de espécies oleaginosas com potencial para a produção de biocombustíveis, da região do Riacho das Vacas - Bahia, Brasil. **Revista Diálogos e Ciências**, Salvador, v. 17, n. 39, p. 42-56. 2017.
- OLIVEIRA, K.; FURTADO, C. E. Digestibilidade Aparente de Dietas com Diferentes Níveis de Farelo de Canola para Cavalos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p. 181-186, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000100026>.
- NICHELATI, F. D. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura da canola (*Brassica napus* L.). **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 18, n. 1, p. 39 -47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.28998/rca.v18i1> <https://doi.org/10.28998/rca.v18i1>.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; CONSTANTINI, J.; INOUE, M. H. (ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba-Pr: Omnipax, 2011. p. 1-348.
- OSAKI, M.; BATALHA M. O. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 227-242, 2011.
- PANOZZO, L. E. et al. Evaluation of some hybrids of canola in function of sowing dates in Viçosa, MG, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, África, v. 9, n. 32, p. 2488–

2494, Aug. 2014. DOI: 10.5897/AJAR2014.8876.

PERES, J. R. R. et al. Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 31-41, 2005.

POTTER, T. D. **Canola**: best practice management guide for south-eastern Australia. Canberra: Grains Research and Development Corporation, 92 p., 2009.

PRITCHARD, F. et al. **Over the Bar with Better Canola Agronomy**: Demonstration and Trail Results, Crop Establishment Case Studies. Grains Research and Development Corporation, 35 p., 2010.

RAPOSO, R. W. C. et al. Épocas de semeadura de genótipos de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) em três anos de cultivo no estado da paraíba. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Foz do Iguaçu, 2016.

REIS, R. M. et al. Aspectos fisiológicos e crescimento do girassol após aplicação de herbicidas em pré-emergência. **Revista Agro@ambiente on-line**, Roraima, v. 8, n. 3, p. 352-358, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i3.2171>.

RICHETTI, A. et al. **Cultura do algodão no cerrado**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. (Embrapa Algodão. Sistemas de Produção, 2).

RIEGER, M. A. et al. Pollen-Mediated Movement of Herbicide Resistance Between Commercial Canola Fields. **Science**, Australia, v. 296, n. 1, p. 2386-2388, 2002. DOI: 10.1126/science.1071682.

RIZZARDI, M. A. et al. Aspectos gerais do manejo e controle de plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Eds.) **Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 107-131, 2008.

SABBAHI, R. et al. Factors Affecting the Quality of Canola Grains and Their Implications for Grain-Based Foods. **Foods**, Suíça, 2023, v.12, 2219. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12112219>.

SANCHOTENE, D. M. et al. Efeito do protetor dietholate na seletividade de clomazone em cultivares de arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 339-346, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000200013>.

SANTIAGO, A. C. et al. Path analysis and near-infrared spectroscopy in canola crop. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, n. 6, e20220071, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220071>.

SASKATCHEWAN MINISTRY OF AGRICULTURE. **GUIDE TO CROP PROTECTION**: for the chemical management of weeds, plant diseases and insects. For the chemical management of weeds, plant diseases and insects. 2023. Disponível em: <<https://pubsaskdev.blob.core.windows.net/pubsask-prod/87089/SK%252B2023%252BGCP%252B-%252BFull%252B-%252Bsingle%252Bpages%252Bfor%252Bweb.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2023.

SAUSEN, D. et al. Biotechnology applied to weed management. **Brazilian journal Of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 23150-23169, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-027>.

SENSEMAN, S. A. (Ed.). **Herbicide handbook**. 9.ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. 458 p.

SNOWDON; LÜHS; FRIEDT. Oilseed rape. In: **Oilse - Genome Mapping and Molecular Breeding in Plantseds**. Springer, v.2, p. 55-114, 2007.

SÜZER, S. Effects of plant nutrition on canola (*Brassica napus* L.) growth. **Trakya University Journal of Natural Sciences**, Taky, v. 16, n. 2, p. 87-90, 2015.

TEIXEIRA, C. E. F. **O cultivo da canola no estado do Rio Grande do Sul**. 2012. 55 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2012. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/7143/1/dissertacao_carlos_eugenio_fortes_teixeira.pdf>. Acesso em: 26 set. 2023.

TILMAN, D. et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, Reino Unido, v.418, p.671-677, 2002.

THIYAM-HOLLÄNDER, U. et al. **Canola and rapeseed**: production, processing, food quality, and nutrition. 1. ed. New York: CRC Press, 362 p., 2012.

THOMAS, P. **Canola grower's manual**. Winnipeg: Canola Council of Canada, 2003.

TOMM, G. O. Canola: alternativa de renda e benefícios para os cultivos seguintes. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 15, n. 94, p. 4-8, 2006.

TOMM, G. O. et al. Desempenho de genótipos de canola (*Brassica napus* L.) no Nordeste do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 15 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 65). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp65.htm>. Acesso em: 06 dez. 2023.

TOMM, G.O. et al. Insetos. In: TOMM, G. O. (ed.). **Cultivo de canola**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. (Embrapa Trigo. Sistemas de produção, 3).

TOMM, G. O. et al. Introdução de tecnologia para controle de plantas invasoras em canola no Brasil - Sistema Clearfield®. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais** [...] Passo Fundo: Embrapa, p. 136 -143, 2017.

TOMM, G.O. et al. **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa/ CNPT, 2009a. 27p. (Documentos Online, 118). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/852581/panorama-atual-e-indicacoes-para-aumento-de-eficiencia-da-producao-de-canola-no-brasil>>. Acesso em: 03 dez. 2023.

TOMM, G. O. et al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009b. 39 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 113).

Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm>. Acesso em: 20 set. 2023.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para a produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68 p. (Sistemas de Produção, 04). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/821535/indicativos-tecnologicos-para-producao-de-canola-no-rio-grande-do-sul>>. Acesso em: 20 set. 2023.

TOMM, G. O. **Situação atual e perspectivas da canola no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 2 p. html. 4 ilust. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 58). Disponível em: <https://www.canolabr.com/system/filemanager/files/tecnologias_anexos_2_77_134_1537378402.pdf>. Acesso em: 23 set. 2023.

TOMM, G. O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 21 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 26). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/852099/situacao-em-2005-e-perspectivas-da-cultura-de-canola-no-brasil-e-em-paises-vizinhos>>. Acesso em: 21 set. 2023.

UNDERWOOD, M. G. et al. Benefit of tank mixing dicamba with glyphosate applied after emergence for weed control in dicamba- and glyphosate-resistant soybean., **Canadá Can. J. Plant Sci.**, Canadá, v. 97, 2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Oilseeds: World Markets and Trade**. 2023a. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>>. Acesso em: 24 set. 2023.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Rapeseed 2023: World production**. 2024. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?startrow=1&cropid=2226000&sel_year=2023&rankby=Production>. Acesso em: 06 dez. 2024.

VALE, L. et al. **Complexo Agroindustrial de Biodiesel no Brasil: Competitividade das Cadeias Produtivas de Matérias-primas**. 1. ed. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2012. 712 p.

VARGAS L. et al. **Seletividade de herbicidas para a canola PFB-2**. Passo Fundo: Embrapa Trigo; 2011. (Documentos, 130). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do130.pdf>. Acesso em: 05 set. 2023.

VARGAS, R. O. et al. Seletividade de herbicidas pré-emergentes em canola. In: XXXIV Congresso de Iniciação Científica da UFLA, 34., 2021, Lavras. **Anais [...]**. Lavras: UFLA 2021, p. 1-1. Disponível em: <<https://congressos.ufla.br/2021/>>. Acesso em: 25 set. 2023.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão geral da qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.4, p.743-755, 2009. DOI:10.1590/S0100-0683200900040000.

VIGNA, M. R. et al. Posibilidades de control químico de malezas en el cultivo de colza (*Brassica napus* L.) en el so de Buenos. In: XIV JORNADAS FITOSANITARIAS

ARGENTINAS, 14., 2012, Buenos Aires. **Actas XIV Jornadas Fitosanitarias Argentinas**. Buenos Aires: Inta, 2012. p. 1-14. Disponível em: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_bordenave_-_control_quimico_de_malezas_en_colza.pdf>. Acesso em: 05 set. 2023.

WEI, D. et al. Review of non-chemical weed management for green agriculture. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 3, n. 4, p. 52-60, 2010. DOI: 10.3965/j.issn.1934-6344.2010.04.052-060.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, United Kingdom, v. 26, n. 3, p. 370-376, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.05.013>.

SEGUNDA PARTE- ARTIGO

ARTIGO: SELETIVIDADE DE HERBICIDAS E EFICÁCIA NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DA CANOLA

Natalia Costa^{1*}, Amanda Santana Chales², Guilherme Vieira Pimentel¹, Luiz Daniel Rodrigues da Silva¹, Elisabete da Cruz Silva Watanabe¹, Adenilson Henrique Gonçalves¹

¹ Departamento de Fitotecnia, ² Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, 37200-900, Lavras MG.

Resumo

A canola é uma das oleaginosas essenciais na agricultura mundial, contribuindo para os setores econômico, social e ambiental, devido à sua versatilidade e valor nutricional. Apesar do notável crescimento da cultura no Brasil nos últimos anos, o manejo de plantas daninhas permanece como um fator limitante devido à escassez de herbicidas seletivos registrados, somado à proibição de transgênicos no país, ocasionando perdas de produtividade e dificultando as recomendações de cultivo e manejo desta. Portanto, torna-se imprescindível o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e a geração de conhecimentos para oferecer orientações eficazes no manejo de plantas daninhas, facilitando a expansão da canola no país. Estudos de campo foram realizados na safra 2022/2023, com o objetivo de avaliar o potencial de seletividade de herbicidas aplicados na cultura da canola, bem como sua eficácia no controle de plantas daninhas na cultura. Os experimentos foram realizados em diferentes locais no estado de Minas Gerais (Lavras e Ijaci), no delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas (4 × 4) + 1, com quatro repetições. Os níveis do fator um foram os tratamentos pré-emergentes: clomazona, s-metolachlor, clomazona + s-metolachlor, sem herbicida pré-emergente; e do fator dois os pós-emergentes: quincloraque, dicamba, quincloraque + dicamba, sem herbicida pós-emergente; mais um tratamento adicional composto pela testemunha (capinada). Os herbicidas clomazona aplicado em pré-emergência e quincloraque e dicamba em pós-emergência, não são registrados para uso em canola no Brasil, no entanto, embora tenham causado fitointoxicação nas plantas, não geraram efeitos prejudiciais nos componentes analisados. Além disso, promoveram contribuições significativas na redução das plantas daninhas na área e na produtividade e qualidade dos grãos da cultura, juntamente do s-metolachlor já registrado para uso em pré-emergência. Conclui-se que, os herbicidas avaliados demonstraram potencial de seletividade e eficácia no controle de plantas daninhas na cultura da canola, abrindo premissas para a realização de mais pesquisas visando à inclusão destes no sistema de produção de cultura.

Palavras-chaves: *Brassica napus* L. var. *oleifera*. Cerrado brasileiro. Espécies infestantes. Manejo de controle.

1. INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) representa uma variedade aprimorada da colza (*Brassica napus* L.) e pertence à família Brassicaceae. Ela é uma das oleaginosas mais significativas globalmente, ocupando a segunda e terceira posição em produção de grãos oleaginosos e óleos vegetais, respectivamente (BERGMANN *et al.*, 2013; USDA, 2023). A canola tem diversas aplicações devido ao seu alto teor de óleo e composição favorável de ácidos graxos, sendo inclusa para uso na alimentação animal, produção de óleo e até na fertilização do solo. Esse óleo tem sido empregado para consumo humano, iluminação, aplicações industriais e, mais recentemente, na produção de biocombustíveis (DE MORI *et al.*, 2014; SABBAHI *et al.*, 2023).

A cultura da canola é amplamente cultivada em países temperados, dotados de tecnologias de manejo que oferecem maior produtividade e estabilidade à cultura. No Brasil, pesquisas vêm sendo realizadas para promover a tropicalização da canola, visando sua adaptação às condições climáticas e de solo no ambiente subtropical e tropical do país, além do desenvolvimento de tecnologias de manejo para a cultura, que buscam proporcionar aos agricultores uma alternativa de produção sustentável e economicamente viável (ASSIS *et al.*, 2020; GUIMARÃES, 2022; SANTIAGO *et al.*, 2023; TOMM *et al.*, 2009b).

No Brasil, a cultura da canola está experimentando um aumento em sua área de cultivo, com uma variação de 66,8% em relação à safra do ano de 2022 (CONAB, 2023), tornando-se uma opção viável para a rotação de culturas nos sistemas de produção de grãos. Esse movimento tem cooperado significativamente para reduzir a dependência e os riscos associados ao monocultivo. Portanto, tem criado oportunidades para a diversificação com renda e proporcionado melhorias na saúde do solo, contribuindo para uma produção mais eficiente, rentável e sustentável de alimentos e energia (TOMM, 2009b; LAVIOLA *et al.*, 2019).

A expansão da canola no Brasil tem enfrentado desafios significativos, incluindo a infestação de plantas daninhas na cultura. Um obstáculo importante é a limitada disponibilidade de herbicidas registrados para a canola no país (23 produtos formulados), sendo registrados cinco princípios ativos (cletodim, fluazifope, imazapir, imazamoxi e s-metolaclo-ro) no manejo de plantas daninhas em pré e pós-emergência, agravada pelo fato de que não é permitido cultivar híbridos transgênicos. Essa restrição tem tornado o controle dessas plantas invasoras uma tarefa difícil (GALON *et al.*, 2021). As plantas daninhas inseridas no sistema competem diretamente com a cultura principal pelos recursos ambientais essenciais, como água, luz, CO₂ e nutrientes, resultando em perdas significativas na produtividade e qualidade dos grãos (KAUR; KAURB;

CHAUHAN, 2018). Esses desafios destacam a necessidade de estratégias inovadoras e funcionais para o manejo eficaz das plantas daninhas na produção de canola no Brasil, inclusive, buscando novos herbicidas para o manejo das plantas daninhas, mesmo sem registro para essa finalidade.

A hipótese postulada sugere que certos herbicidas registrados para outras culturas no Brasil possuem potencial de seletividade e eficácia no controle de plantas daninhas na cultura da canola. A descoberta da seletividade desses produtos por meio de pesquisas pode contribuir para a expansão da cultura no país, impulsionando o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e proporcionando recomendações de manejo mais precisas para o controle de plantas invasoras. Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de seletividade de herbicidas aplicados na cultura da canola, bem como sua eficácia no controle de plantas daninhas na cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condição experimental

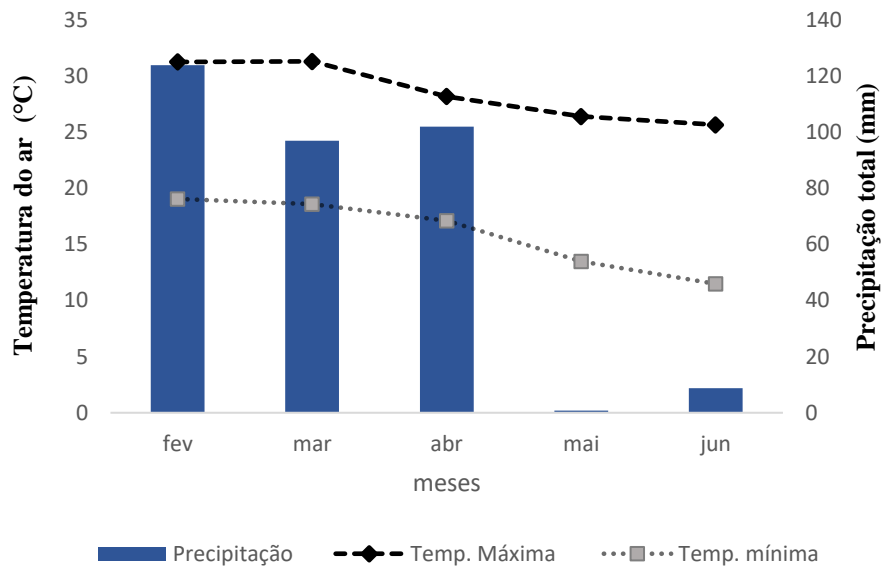
Os experimentos foram realizados durante o período de fevereiro a junho do ano agrícola 2022/23, em dois locais no estado de Minas Gerais. No município de Ijaci, os testes foram conduzidos no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras- UFLA (latitude de 21° 9' 24" sul e longitude de 44° 55' 34" oeste, a uma altitude de 833 metros). Em Lavras, os experimentos foram realizados no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Agricultura (CDCT) da UFLA (latitude de 21° 14' 43" sul e longitude de 44° 59' 59" oeste, a uma altitude de 919 metros). A região de cultivo apresenta clima do tipo Cwa (subtropical, com verão chuvoso e inverno seco), segundo a classificação de Köppen; com temperatura e precipitação média anual de 20°C e 1460 mm, respectivamente (DANTAS *et al.*, 2007).

O solo dos locais é caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo com textura argilosa (SANTOS *et al.*, 2018). A correção do solo e adubação foram realizadas de acordo com a análise físico-química e seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura da canola (SBCS, 2004). A composição química e física do solo (0 a 20 cm) no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Agricultura (CDCT) foram: : pH em água de 5,9; MO = 3,69 dag.kg-1; P = 44,77 mg.dm-3; K = 180,73 mg.dm-3; Al3+= 0,1 cmolc.dm-3; Ca2+= 5,42 cmolc.dm-3 Mg2+= 1,41 cmolc.dm-3; CTC efetiva= 7,29 cmolc.dm-3; CTCpH7= 10,49 cmolc.dm-3; H+Al = 1,5 cmolc.dm-3; Saturação de bases = 69,53%; Areia = %; Silte = % e Argila= %; Saturação de bases = 69,53; Areia = 33%; Silte = 23 e Argila= 44%. E no Centro

de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) - Ijaci/MG foram: pH em água de 5,5; MO = 2,72 dag.kg⁻¹; P = 0,70 mg.dm⁻³; K = 10,26 mg.dm⁻³; Al³⁺ = 0,10 cmolc.dm⁻³; Ca²⁺ = 2,47 cmolc.dm⁻³; Mg²⁺ = 1,37 cmolc.dm⁻³; CTC efetiva = 3,97 cmolc.dm⁻³; CTCpH7 = 7,77 cmolc.dm⁻³; H+Al = 3,90 cmolc.dm⁻³; Saturação de bases = 49,76%; Areia = 38%; Silte = 8 e Argila = 54%.

As temperaturas máximas e mínimas durante o período de condução dos experimentos, bem como as precipitações pluviométricas médias, estão apresentadas na Figura 1 somente para o município de Lavras-MG. Visto que, não há estações meteorológicas no município de Ijaci-MG, entretanto, devido à sua localização geográfica (12,5 km de distância do Campus da UFLA), este possui condições climáticas muito semelhantes com a de Lavras-MG.

Figura 1 – Dados de temperatura e precipitação acumulada (mm) no município de Lavras-MG durante os meses de condução dos experimentos na safra 2022/23



Fonte: INMET/BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, Estação de Lavras-MG.

Para a condução e instalação dos experimentos, foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com parcelas subdivididas (4 × 4) + 1, com quatro repetições. Sendo os níveis do primeiro fator os herbicidas pré-emergentes: controle (sem herbicida em pré-emergência), S-metolachlor (960 g i.a.ha⁻¹), clomazona (90 g i.a.ha⁻¹) e S-metolachlor + clomazona (960 + 90

g i.a.ha⁻¹); e os níveis do segundo fator os herbicidas pós-emergentes: controle (sem herbicida em pós-emergência), quincloraque (375 g i.a.ha⁻¹), dicamba (90 g i.a.ha⁻¹) e quincloraque + dicamba (375 + 90 g i.a.ha⁻¹). Além de um tratamento adicional (testemunha capinada), para simular um sistema sem a presença de herbicidas e competição por plantas daninhas.

Os níveis do fator herbicidas em pré-emergência foram as parcelas principais e os níveis do fator herbicidas em pós-emergência foram as subparcelas, estas que foram alocadas dentro das parcelas principais. Os herbicidas e doses utilizadas foram selecionadas e determinadas através de pré-testes (dúplice) realizados anteriormente em casa de vegetação da UFLA. Os produtos comerciais utilizados foram: Dual Gold® (S-metolachlor) - Syngenta; Gamit 360 CS® (clomazona) - FMC; Facet® (quincloraque) – BASF e Atectra® (dicamba) – BASF. Cada unidade experimental instalada no município de Ijaci-MG, teve dimensão de 5 × 1 m (5 m²), enquanto em Lavras-MG, de 4 × 1 m (4 m²). As parcelas dos dois locais de cultivo contiveram 5 linhas de semeadura espaçadas em 0,20 m, sendo a área útil de 1,8 m² da parcela para coleta dos dados das variáveis estudadas.

Antes da semeadura do experimento no município de Ijaci-MG, o solo foi preparado de maneira convencional por meio de uma gradagem. No município de Lavras-MG, a semeadura foi realizada diretamente sobre a palhada do cultivo anterior de feijão (*Phaseolus vulgaris*). Em Ijaci-MG a semeadura foi realizada no dia 15/02/2023 e em Lavras-MG no dia 24/02/2023, ambas utilizando o híbrido de canola Hyola 433, sendo que o objetivo era alcançar uma densidade de 30-40 plantas por metro quadrado. Em ambos os locais, a semeadura foi feita utilizando a semeadora e adubadora de parcelas SEMINA 2®, que possui 5 linhas com 5 metros de comprimento cada.

O manejo de pragas e doenças, foi realizado de acordo com o monitoramento e necessidade da cultura.

No CDTT (Ijaci-MG), as plantas contaram apenas com a disponibilidade da ocorrência de precipitação na região para seu desenvolvimento, enquanto, no CDCT (Lavras-MG), houve a necessidade de duas irrigações suplementares no início da emergência e estabelecimento da cultura, visto que, a precipitação nesse período estava escassa e todo experimento seria comprometido.

2.2 Eficácia dos herbicidas no controle de plantas daninhas

As avaliações de controle de plantas daninhas e identificação das espécies foram conduzidas em dois momentos para os dois locais de cultivo: 22 DAA (dias após a aplicação)

dos tratamentos em pré-emergência e 14 DAA dos tratamentos em pós-emergência. Para realizar essas medições, foi utilizado um quadro fabricado em Policloreto de Vinila (PVC) com dimensões de $0,50 \times 0,50$ m, proporcionando uma área de $0,25\text{m}^2$. Esse quadro foi posicionado aleatoriamente em dois pontos dentro da área útil da parcela, permitindo a identificação e contabilização do número de plantas daninhas de cada espécie, viabilizando o cálculo do percentual de espécies de plantas daninhas na área e sua densidade por metro quadrado.

Para o tratamento adicional (testemunha capinada), foi realizada uma capina manual a cada sete dias, desde o surgimento das plântulas de canola até o fechamento completo do dossel vegetativo. Esse procedimento foi adotado com o objetivo de manter as plantas de canola livres da competição com as plantas daninhas.

2.3 Seletividade de herbicidas na canola

A aplicação dos herbicidas pré e pós-emergentes para os dois locais foi realizada com a utilização de um pulverizador elétrico costal, similar ao de CO_2 , equipado com pontas de jato “leque” AVI11002. O volume de aplicação utilizado foi de 200 L ha^{-1} , com pressão de trabalho de 60 psi. As aplicações foram realizadas no período matinal, devido às temperaturas mais amenas, evitando-se a perda do produto por evaporação.

A aplicação dos herbicidas pré-emergentes foi feita imediatamente após a semeadura do híbrido em ambos os locais, no mesmo dia. O herbicida pós-emergente foi aplicado quando as plantas estavam com três a quatro folhas plenamente expandidas, sendo feita a aplicação em Ijaci-MG aos 22 dias após a semeadura (DAS) e em Lavras-MG aos 25 DAS. Com intuito de melhorar a eficiência do pós-emergente foi adicionado à calda de aplicação o adjuvante Assist® EC (BASF) em 0,5% v/v, conforme recomendação da bula do fabricante.

As condições ambientais de temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e velocidade do vento no dia da aplicação dos herbicidas pré-emergentes para Ijaci - MG foram: $23,6 \text{ }^\circ\text{C}$; 0,0 mm; 77,0%; $1,2 \text{ km.h}^{-1}$ e para Lavras – MG: $25,1 \text{ }^\circ\text{C}$; 0,2 mm; 70,5%; $7,4 \text{ km.h}^{-1}$, respectivamente. Em pós-emergência para Ijaci – MG foram: $24,7 \text{ }^\circ\text{C}$; 0,0 mm; 71,5%; $6,3 \text{ km.h}^{-1}$ e para Lavras – MG de $23,3 \text{ }^\circ\text{C}$; 0,0 mm; 75,5%; $6,2 \text{ km.h}^{-1}$, respectivamente (INEMT, 2023).

Para aferir a seletividade dos herbicidas pré e pós-emergentes foi avaliado a fitointoxicação das plantas por parcela, por meio da observação visual com base na escala Conceitual da European Weed Research Community – EWRC (EWRC, 1964), conforme adaptação por Melhorança (1984) (Anexo A). A fitointoxicação causada por herbicidas pré-emergentes foi avaliada em intervalos de 10, 20 e 30 dias após a aplicação (DAA) dos

herbicidas, enquanto a fitointoxicação ocasionada pelos herbicidas pós-emergentes foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 DAA destes.

Para verificar o efeito do herbicida sob a população de plantas, também foi avaliado o estande de plantas antes e após aplicação dos herbicidas pós-emergentes, sendo contabilizado em uma área útil da parcela de 1,2 m², possibilitando calcular a densidade de plantas por metro quadrado.

Também foram avaliadas a altura das plantas (cm⁻¹) e o índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) nos dois locais de cultivo. A altura das plantas foi medida do colo das plantas até a inserção da base da inflorescência terminal do ramo principal, em cinco plantas da área útil da parcela, sendo registrada aos 112 DAS em Ijaci-MG e aos 103 DAS em Lavras-MG, ambos antes do processo de colheita. O índice SPAD, foi medido 28 DAA dos tratamentos em pós-emergência, por meio de medidor portátil SPAD-502 (Minolta®), utilizando três plantas da área útil da parcela. A medição do índice SPAD foi feita na última folha expandida do ápice da planta, em dois pontos da folha, para obter uma média por planta.

2.4 Componentes de produtividade da canola

Por ocasião da colheita das plantas da área útil das parcelas, aos 112 DAS no Ijaci-MG e 103 DAS em Lavras-MG, foi avaliado os seguintes componentes de rendimento da cultura: número total de ramos e siliquas por planta; número de grãos por síliqua, produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e teor de óleo e proteína nos grãos (%). A produtividade de grãos foi corrigida para percentagem de umidade de 10%.

O teor de óleo e proteína nos grãos foi determinado no Laboratório da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Agroenergia, através da análise por espectroscopia do infravermelho próximo, no instrumento FT-NIR (Buchi, modelo NIR-FLEX 500). Os espectros dos grãos inteiros foram obtidos na faixa de 10000 – 4000 cm⁻¹ com 32 varreduras a 4 cm⁻¹ de resolução por amostra.

Para as determinações, foi empregada uma curva de calibração utilizando o método multivariado de regressão por mínimos quadrados parciais (PLS), visando a estimativa do teor de óleo e proteína. A curva foi construída a partir de 200 amostras de grãos de canola, empregando métodos de referência da American Oil Chemist Society (AOCS) Am-5-043 para o teor de óleo e AOCS Ba 4e-934 para o teor de proteína (AOCS, 2012, 2017).

A faixa de calibração estabelecida para o teor de óleo foi de 31,41 a 46,47% em massa de óleo em base seca, apresentando um coeficiente de determinação (R²) de 0,9580 e um erro

de $\pm 1,19\%$. Já para o teor de proteína, a faixa foi definida entre 17,66 e 31,34%, em base seca, com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9734 e um erro de $\pm 0,7190\%$.

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos inicialmente a análise de variância (ANOVA) com aplicação do teste F e os valores comparados entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. O dado de número de plantas por metro quadrado, para ajustes das premissas da ANOVA foram transformados em raiz de $(x+0,5)$. Exclusivamente para a variável produtividade de grãos foi aplicado o teste de hipótese (teste-t de Student) no nível de 5% de significância, comparando-se as médias dos tratamentos com o controle adicional (testemunha capinada). Para as variáveis de teor de óleo e proteína dos grãos, foi aplicado o teste de Skott-Knott a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo programa Sisvar® (FERREIRA, 2019).

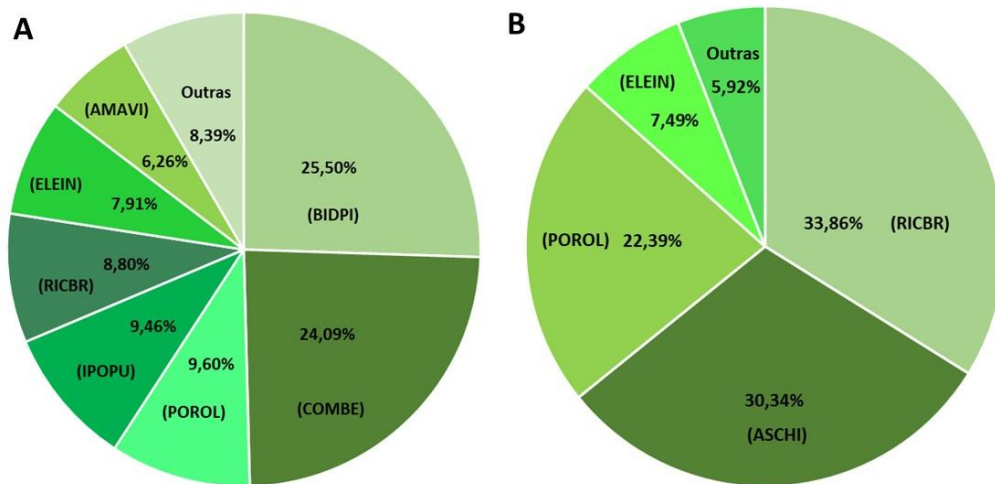
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eficácia dos herbicidas no controle de plantas daninhas

A comunidade infestante natural na cultura da canola, em Lavras-MG, na área total aos 22 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas pré-emergentes, anterior à aplicação dos tratamentos em pós-emergência, foi composta pelas espécies eudicotiledôneas: picão-preto (*Bidens pilosa*); beldroega (*Portulaca oleraceae*); corda-de-viola (*Ipomoea purpúrea*); poaia branca (*Richardia brasiliensis*); caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*); e pelas espécies monocotiledôneas: trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*). Diversas outras espécies apresentaram menos de 5% do total cada (Figura 2A).

Em Ijaci-MG, a comunidade infestante natural na cultura da canola, foi composta pelas espécies eudicotiledôneas: poaia branca (*Richardia brasiliensis*); carrapicho-de-carneiro (*Ascanthospermum hispidum*); beldroega (*Portulaca oleraceae*); e pelas espécies monocotiledôneas: capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*). Diversas outras espécies apresentaram menos de 5% do total cada (Figura 2B).

Figura 2 – Percentual de plantas daninhas na área total aos 22 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas pré-emergentes, anterior à aplicação dos tratamentos em pós-emergência. A) Lavras-MG (CDCT); B) Ijaci-MG (CDTT).

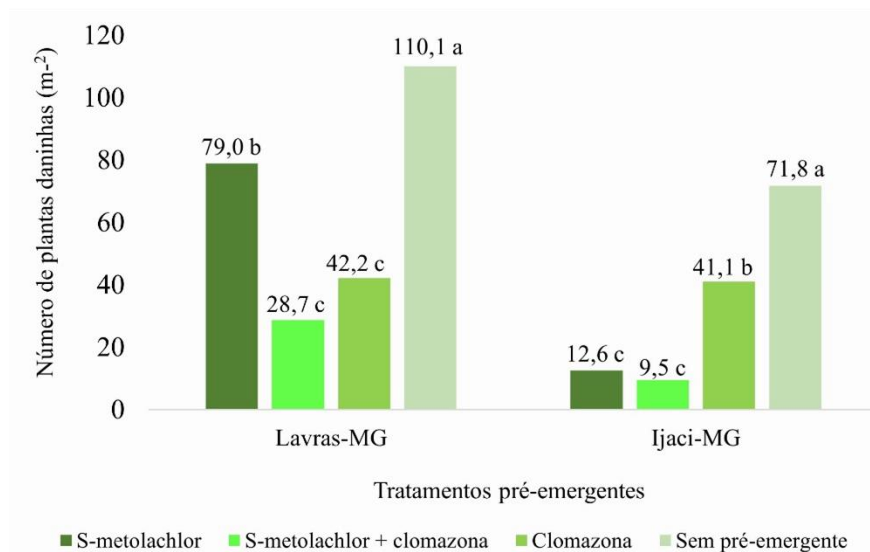


Legenda: BIDPI (*Bidens pilosa*); COMBE (*Commelina benghalensis*); POROL (*Portulaca oleracea*); IPOPU (*Ipomoea purpúrea*); RICBR (*Richardia brasiliensis*); ELEIN (*Eleusine indica*); AMAVI (*Amaranthus viridis*); ASCHI (*Ascanthospermum hispidum*).

Fonte: Da autora (2024)

Para os dois locais de cultivo (Lavras e Ijaci-MG), de acordo com os dados da análise de variância, verifica-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os herbicidas pré-emergentes aplicados, quanto ao número de plantas daninhas (m^{-2}) (Figura 3).

Figura 3 – Número de plantas daninhas (m^{-2}), aos 22 dias após a aplicação dos herbicidas pré-emergentes. Lavras-MG (CDCT) e Ijaci-MG (CDTT). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).



Fonte: Da autora (2024)

Em ambos os locais do experimento, a ausência de aplicação do pré-emergente resultou em um aumento estatisticamente significativo no número de plantas daninhas por metro quadrado, em comparação com outros tratamentos. A combinação dos herbicidas S-metolachlor + clomazona demonstrou maior eficiência de controle, com um percentual acima de 73% em ambas as localidades. No entanto, ao avaliar isoladamente os herbicidas, observou-se que em Lavras-MG (Figura 3), o clomazona mostrou eficiência superior, com um controle de mais de 60%, enquanto em Ijaci-MG (Figura 3), o S-metolachlor se destacou, promovendo uma redução acima de 82%.

É crucial ressaltar que a contabilização das plantas daninhas mostrada na Figura 2 refere-se a área total, o que indica que essa infestação é diretamente influenciada pela ausência do herbicida no tratamento sem pré-emergente, bem como pode ocorrer um maior número de uma determinada espécie devido à concentração em um determinado tratamento que não promove seu controle, ou seja, que não está dentro do registro de uso no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA (BRASIL, 2023). Isso explica o fato de plantas alvos de controle pelo clomazona estar em alto percentual de infestação nos dois locais de cultivo, bem como, o elevado número de plantas daninhas no tratamento com S-metolachlor em Lavras-MG. Das plantas daninhas com maior percentual de infestação nos locais de cultivo, somente o capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) é registrado como alvo de controle do S-metolachlor na cultura da canola.

Acredita-se que, no município de Ijaci-MG (CDTT), a não aplicação tanto os herbicidas individuais quanto sua combinação podem ter contribuído para o alto percentual de infestação pela espécie *Ascanthospermum hispidum* (carrapicho-de-carneiro), visto que nenhum deles possui registro no MAPA (BRASIL, 2023) para controle dessa espécie.

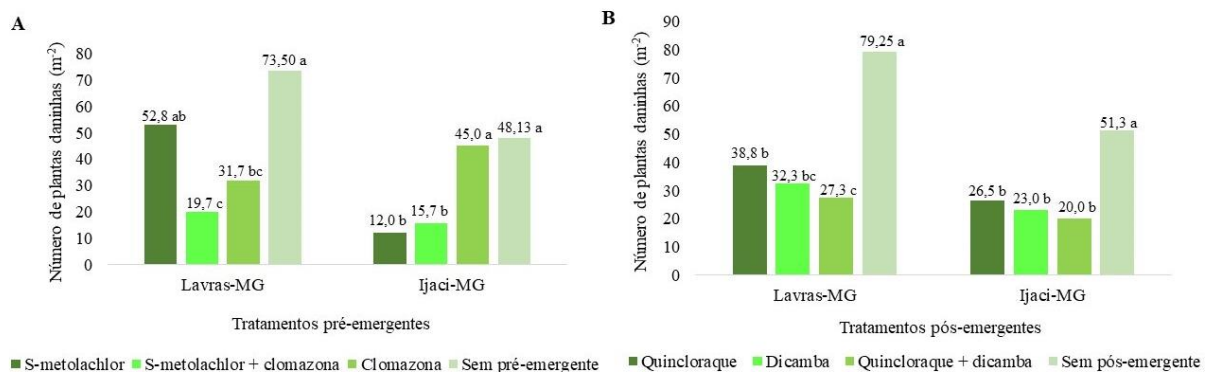
Além dos aspectos mencionados, os herbicidas podem ter sofrido interferência das condições de clima e solo do local, que interferem diretamente sobre a sua ação (GALON *et al.*, 2021; LOVARELLI *et al.*, 2020). Portanto, os resultados obtidos destacam a complexidade do manejo de plantas daninhas e a importância de considerar não apenas as espécies alvo, mas também o ecossistema circundante, ao planejar estratégias de controle.

Fica evidente que a aplicação dos herbicidas S-metolachlor + clomazona, bem como a aplicação isolada destes em cada local de cultivo, desempenhou um papel crucial na redução do número de plantas daninhas na área, potencializando o uso destes herbicidas no controle de plantas invasoras na cultura. É importante ressaltar que o herbicida clomazona não é registrado para a cultura no MAPA (BRASIL, 2023), no entanto, estes resultados são favoráveis para sua inclusão.

Apesar da falta de estudos no Brasil sobre o uso da molécula de clomazona na cultura da canola, há registros e evidências de sua eficácia na redução da população de plantas daninhas em outros países, conforme documentado pelo Farm Advisory Service (2020) e pelo Saskatchewan Ministry of Agriculture (2023). Esses resultados corroboram com as descobertas do estudo atual.

Para os dois locais de cultivo (Lavras e Ijaci-MG) não houve interação significativa entre os tratamentos pré e pós-emergentes. No entanto, verifica-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre estes quando avaliados isoladamente, quanto ao número de plantas daninhas (m^{-2}) aos 14 DAA dos tratamentos pós-emergentes (Figura 4).

Figura 4 – Número de plantas daninhas (m^{-2}) nos tratamentos pré (A) e pós-emergentes (B), aos 14 dias após a aplicação dos herbicidas pós-emergentes. Lavras-MG (CDCT) e Ijaci-MG (CDTT). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p > 0,05$).



Fonte: Da autora (2024)

Aos 14 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos em pós-emergência (Figura 4), observou-se uma mesma tendência com os resultados anteriores do número de plantas daninhas (Figura 3). Em Lavras-MG (Figura 4A), o menor número de plantas daninhas persistiu nos tratamentos com S-metolachlor + clomazona e clomazona, enquanto em Ijaci-MG (Figura 4A), nos tratamentos com S-metolachlor + clomazona e S-metolachlor.

O maior número de plantas daninhas manteve-se no tratamento sem pré-emergente para ambas as localidades. A ausência de diferença estatística entre esse tratamento e o uso de S-metolachlor em Lavras-MG e clomazona em Ijaci-MG, acredita-se que pode ser atribuída a dois principais fatores. O primeiro devido ao elevado número inicial de plantas daninhas nesses

tratamentos (Figura 3), o que tornou o controle em pós-emergência mais limitante e desafiador devido ao estágio fenológico destas plantas invasoras; e o segundo quanto a eficiência dos herbicidas pós-emergentes, visto que ao serem aplicados contribuíram para a redução parcial das plantas daninhas no tratamento sem pré-emergente (como verificado na Figura 4A), ao nível deste tratamento não se diferir dos com uso de S-metolachlor (Lavras-MG) e clomazona (Ijaci-MG).

Esses resultados corroboram as descobertas de estudos, como os de Rossi et al. (2018) e Schneider et al. (2022), que destacam a influência do estado morfológico da planta na eficácia dos herbicidas pós-emergentes. O manejo precoce de plantas daninhas, considerando o estágio morfológico adequado, e a adoção de estratégias como rotação de mecanismos de ação, aplicações sequenciais e misturas, são enfatizados como práticas eficazes para evitar o crescimento de plantas adultas, tornando o controle mais eficiente e reduzindo custos e esforços no manejo futuro.

Nos tratamentos pós-emergentes (Figura 4B), em ambas as localidades, o maior número de plantas daninhas ocorreu no tratamento sem herbicida, enquanto o menor foi observado nos tratamentos com quincloraque + dicamba e dicamba. O quincloraque isolado demonstrou maior eficácia na redução de plantas daninhas em Ijaci-MG, sem diferença em relação aos outros tratamentos com uso de herbicidas. Em Lavras, o quincloraque isolado diferiu da associação dos herbicidas, fator este resultante do maior espectro de controle de plantas daninhas do herbicida dicamba, que não diferiu da aplicação isolada com o associado.

O uso dos herbicidas quincloraque, dicamba e quincloraque + dicamba em pós-emergência reduziu o número de plantas daninhas em mais de 48%, 55% e 61%, respectivamente, em ambas as localidades. O menor controle pelo quincloraque pode ser atribuído ao seu espectro limitado em relação às plantas daninhas prevalentes na área (Figura 2), conforme registro do MAPA (BRASIL, 2023).

Após a aplicação dos herbicidas pós-emergentes, em Lavras-MG (Figura 4B) foi observada uma redução nos percentuais de infestação das plantas daninhas picão-preto, trapoeraba e poaia branca, que foram reduzidos em relação ao número inicial de plantas daninhas em 11,89%, 3,20% e 1,39%, respectivamente; já em Ijaci-MG ocorreu uma redução de 15% da espécie *Ascanthospermum hispidum* (carrapicho-de-carneiro). Acredita-se que esse controle eficaz seja principalmente atribuído ao herbicida dicamba, que é registrado no MAPA (BRASIL, 2023) para o controle dessas espécies.

No entanto, ainda em Lavras-MG, outras espécies como beldroega, capim pé-de-galinha, caruru-de-mancha, corda-de-viola e uma nova infestação por capim colônia (*Panicum*

maximum) apresentaram altos percentuais de infestação na área, em respectivamente, 12,7%, 9,1%, 8,4%, 6,99% e 6,35%; já em Ijaci-MG foram encontradas percentuais consideráveis das plantas daninhas poaia branca, beldroega e uma nova infestação por estrelinha (*Melampodium perfoliatum*) e apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), que apresentaram infestações consideráveis de 21,55%, 17,74%, 20,89% e 10,66%, respectivamente.

Acredita-se que o considerável percentual de infestação por beldroega, capim pé-de-galinha, caruru-de-mancha, capim colônio e poaia branca, suscetíveis ao clomazona, assim como o capim pé-de-galinha, suscetível ao S-metolachlor na cultura da canola, possam ser atribuídos aos tratamentos sem pré ou pós-emergentes; à ausência de registros para controle destas espécies em outros tratamentos; ou ainda às condições climáticas e de cultivo, com a maior precipitação no mês de instalação do cultivo, bem como com a irrigação suplementar em Lavras-MG, que podem ter contribuído para a redução do residual do herbicida no solo, fato este já observado por Lovarelli *et al.* (2020) e Galon *et al.* (2021).

Acredita-se que a beldroega, caruru-de-mancha e poaia branca, suscetíveis ao dicamba, possam ter sido afetadas por tratamentos sem herbicidas, ou ainda por demais tratamento, incluindo o quincloraque, que tem um espectro de controle limitado registrado no MAPA (BRASIL, 2023). A alta infestação de outras espécies pode ser atribuída ao fato de estarem fora do espectro de controle tanto do quincloraque quanto do dicamba, conforme registros do MAPA (BRASIL, 2023).

Em suma, em ambos os locais de cultivo, a maior infestação de plantas daninhas ocorre na ausência de tratamento com herbicidas em pré e pós-emergência. Os tratamentos pré-emergentes com S-metolachlor + clomazona e pós-emergentes com quincloraque + dicamba demonstraram maior eficácia no controle de plantas daninhas.

O herbicida quincloraque demonstra eficácia comprovada no controle de plantas daninhas em canola, conforme atestado por registros do Canadá (SASKATCHEWAN MINISTRY OF AGRICULTURE, 2023), no entanto, no Brasil não possui registros para uso, além de poucos estudos visando sua inclusão. Quanto ao herbicida dicamba, as pesquisas referentes ao seu uso na canola são limitadas, possuindo registro no Brasil apenas no manejo de dessecação anterior à canola, conforme regulamentado pelo MAPA (BRASIL, 2023).

Os resultados encontrados para o clomazona, quincloraque e dicamba no presente estudo são promissores e indicam potencial para realização de mais estudos no que se refere à inclusão e registro destes herbicidas no manejo de plantas daninhas em pré e pós-emergência na cultura da canola no Brasil.

3.2 Seletividade e componentes de produção da canola em função dos tratamentos pré e pós-emergentes

Ao avaliar os efeitos dos herbicidas pré-emergentes anterior a aplicação dos pós-emergentes, nos caracteres de fitointoxicação as plantas para os dois locais de cultivo (Tabela 1), verifica-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para fitointoxicação aos 20 dias após aplicação (DAA) do herbicida em Lavras-MG e aos 10, 20 e 30 DAA em Ijaci-MG.

De forma geral, verifica-se que as injúrias ocasionadas pela fitointoxicação dos herbicidas pré-emergentes nos dois locais de cultivo foi baixa (Tabela 1), sendo que as plantas do tratamento com S-metolachlor não demonstraram sintomas de fitointoxicação em nenhuma das avaliações (Apêndice A). Estes resultados eram esperados, já que o herbicida é registrado no MAPA (BRASIL, 2023) para uso em pré-emergência da cultura da canola.

A fitointoxicação em Lavras-MG, aos 20 dias após aplicação (DAA), revelou maior fitointoxicação com uso de clomazona e S-metolachlor + clomazona (Tabela 1) (Apêndice B). Em Ijaci-MG, aos 10, 20 e 30 DAA maior fitointoxicação foi obtida no tratamento com clomazona, sendo semelhante ao tratamento com S-metolachlor + clomazona aos 20 DAA (Apêndice C). Em Lavras-MG, aos 30 DAA, houve recuperação total das injúrias ocasionadas pelos herbicidas, mas em Ijaci-MG, as plantas com clomazona ainda mostraram sintomas de fitointoxicação, porém em baixa escala. A análise sugere que, na mistura de clomazona + S-metolachlor, o clomazona contribuiu significativamente para as injúrias, especialmente considerando seu efeito quando aplicado isolado.

Gołębiewska e Badowski (2015), ao aplicar uma taxa de clomazona de 120 g i.a ha⁻¹ e de clomazona e metazachlor (mesmo grupo químico do S-metolachlor) de 99,9 e 750 g i.a ha⁻¹, respectivamente, observaram sintomas característicos de fitointoxicação nas diferentes cultivares de colza, incluindo o maior branqueamento das plantas, causado pela inibição da síntese de clorofila pelo clomazona. Os resultados em parte se assemelham aos deste estudo, uma vez que também foi observado injúrias nas plantas ao aplicar uma dose inferior de clomazona (90 g i.a ha⁻¹) (Apêndice B e C) e não registraram fitointoxicação com dose mais alta de S-metolachlor (Apêndice A).

Tabela 1 – Fitointoxicação as plantas de canola aos 10, 20 e 30 dias após aplicação (DAA) do pré-emergente e 14, 21 e 28 DAA do pós-emergente. Lavras e Ijaci - MG.

Pré-emergentes	Lavras-MG			Ijaci-MG			Lavras-MG			Ijaci-MG			
	10 DAA	20 DAA	30 DAA	10 DAA	20 DAA	30 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Sem pré	1,00 a	1,00 b	1,00 a	1,00 c	1,00 b	1,00 b	2,50 a	3,06 a	3,62 a	2,12 a	3,31 a	4,50 a	4,50 a
S-metolachlor	1,00 a	1,00 b	1,00 a	1,00 c	1,00 b	1,00 b	2,75 a	3,18 a	3,56 a	2,00 a	2,62 b	4,06 ab	4,06 ab
Clomazona	1,06 a	1,31 a	1,00 a	2,00 a	1,43 ab	1,62 a	2,12 a	2,94 a	3,12 a	1,93 a	2,75 ab	4,37 ab	4,37 ab
S-metolachlor + Clomazona	1,12 a	1,37 a	1,00 a	1,50 b	1,75 a	1,18 b	2,37 a	2,56 a	2,62 a	2,06 a	2,56 b	3,87 b	3,87 b
Pós-emergentes													
Sem pós	-	-	-	-	-	-	1,00 c	1,00 c	1,00 c	1,00 d	1,00 c	1,00 c	1,00 c
Quincloraque	-	-	-	-	-	-	2,06 b	2,87 b	3,37 b	1,87 c	2,31 b	4,94 b	4,94 b
Dicamba	-	-	-	-	-	-	2,87 a	3,06 b	3,37 b	2,81 a	3,81 a	5,13 b	5,13 b
Quincloraque + Dicamba	-	-	-	-	-	-	3,56 a	4,37 a	4,62 a	2,43 b	4,13 a	5,75 a	5,75 a
Média geral	1,04	1,17	1,00	1,37	1,29	1,20	2,40	2,88	2,74	2,03	2,81	4,20	4,20
C.V (%) 1	19,90	14,66	0,00	25,71	31,64	14,28	33,15	28,08	40,10	12,31	21,37	11,94	11,94
C.V (%) 2	21,43	31,20	0,00	17,14	22,49	27,05	34,87	35,77	39,01	18,12	27,08	14,33	14,33

*Na coluna médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Os resultados do presente estudo corroboram com a seletividade apresentada pelo S-metolachlor no registro do MAPA (BRASIL, 2023) para a cultura da canola, bem como indicam potencial para inclusão de seletividade do clomazona. Desde que, seja feita na dose adequada e de forma cuidadosa para evitar danos excessivos às plantas.

Quando avaliado o efeito dos tratamentos pós-emergentes nos sintomas de fitointoxicação das plantas, em Lavras-MG, foi identificada uma interação significativa ($p < 0,05$) entre os herbicidas pré e pós-emergentes avaliados aos 7 DAA dos herbicidas pós-emergentes (Tabela 2). Para fitointoxicação aos 14, 21 e 28 DAA (Tabela 1), não houve diferença entre os tratamentos pré-emergentes, no entanto, houve para os pós-emergentes. Em Ijaci-MG, foi encontrada diferença estatística na fitointoxicação pelos pré-emergentes aos 14, 21 e 28 DAA dos tratamentos em pós-emergência, bem como para os pós-emergentes aos 7, 14, 21 e 28 DAA.

Ao analisar o desdobramento para fitointoxicação aos 7 DAA em Lavras-MG, verifica-se que houve diferença apenas ao se comparar os pós-emergentes dentro dos níveis de pré-emergentes (Tabela 2). Foi obtida maior fitointoxicação quando utilizado herbicidas pré-emergentes em associação com o uso dos pós-emergentes dicamba e quincloraque + dicamba. No entanto, dentro do nível com o herbicida pré-emergente clomazona, os tratamentos com dicamba e quincloraque + dicamba em pós-emergência não apresentaram diferença do tratamento com quincloraque, do mesmo modo que, no nível com o a mistura de S-metolachlor + clomazona, não houve diferença entre o dicamba e o quincloraque.

Ainda em Lavras-MG (Tabela 1), não houve diferença entre os tratamentos pré-emergentes para fitointoxicação aos 14, 21 e 28 DAA dos herbicidas pós-emergentes (Tabela 1), evidenciando que não ocorreu influência destes na fitointoxicação das plantas após aplicação dos tratamentos em pós-emergência.

Em Ijaci-MG (Tabela 1), ao analisar os herbicidas pré-emergentes, não houve diferença estatística nos tratamentos aos 7 DAA dos herbicidas pós-emergentes. Aos 14 DAA, observou-se que o tratamento sem pré-emergente e clomazona causaram maior fitointoxicação, sendo este último sem diferença em relação aos demais tratamentos. Aos 21 e 28 DAA, os tratamentos sem pré-emergente, S-metolachlor e clomazona apresentaram resultados semelhantes, assim como os dois últimos com o tratamento com uso de S-metolachlor + clomazona. Nota-se que, ao analisar o comportamento dos tratamentos pré-emergentes após a aplicação dos pós-emergentes, a combinação S-metolachlor + clomazona resultou em menor fitointoxicação, enquanto o tratamento sem pré-emergente a maior.

A hipótese formulada sugere que plantas de canola tratadas com herbicidas pré-emergentes exibem maior tolerância aos pós-emergentes, possivelmente devido ao desenvolvimento de mecanismos de defesa ou adaptação, gerados como resposta ao estresse causado pela maior fitointoxicação no tratamento pré-emergente com S-metolachlor + clomazona, minimizando os efeitos na fase pós-emergente. A variabilidade na capacidade de metabolizar herbicidas, associada à tolerância ou suscetibilidade, é destacada por Nandula (2017) e Reis *et al.* (2021), sendo que em espécies cultivadas, essa tolerância frequentemente está relacionada ao metabolismo diferencial, manifestado por ativação de enzimas de desintoxicação, modificações na expressão genética ou características morfológicas.

Ao comparar os tratamentos pós-emergentes em Ijaci-MG e Lavras-MG (Tabela 1), inicialmente, os herbicidas apresentaram menor fitointoxicação, mas essa tendência aumentou ao longo das avaliações. Até os 14 DAA, o dicamba causou efeito fitotóxico mais pronunciado que a mistura de quincloraque + dicamba em Ijaci-MG. No entanto, a partir dos 21 DAA, a mistura resultou em maior fitointoxicação (Apêndice D). Em Lavras-MG, observou-se padrão semelhante, com dicamba e quincloraque + dicamba causando maior fitointoxicação até os 14 DAA, seguido por maior efeito fitotóxico da mistura posteriormente (Apêndice E).

Tabela 2 – Fitointoxicação as plantas e índice SPAD, aos 7 e 28 dias, respectivamente, após aplicação (DAA) dos herbicidas pós-emergentes, conforme os herbicidas pré e pós-emergentes. Lavras-MG.

Pré-emergentes	Fitointoxicação 7 DAA				SPAD 28 DAA			
	Pós-emergentes							
	Sem pós	Quincloraque	Dicamba	Quincloraque + Dicamba	Sem pós	Quincloraque	Dicamba	Quincloraque + Dicamba
Sem pré	1,00 Aa	1,75 Aa	2,25 Aa	2,00 Aa	45,12 ABa	45,78 Aa	43,21 ABa	42,46 Bb
S-metolachlor	1,00 Ba	1,50 Ba	3,00 Aa	3,00 Aa	42,81 Aa	45,16 Aa	44,17 Aa	45,53 Aa
Clomazona	1,00 Ba	1,75 ABa	2,75 Aa	2,50 Aa	43,35 Aa	45,92 Aa	43,72 Aa	44,80 Aab
S-metolachlor + Clomazona	1,00 Ca	1,50 BCa	2,50 ABa	3,00 Aa	44,24 Aa	44,98 Aa	45,01 Aa	46,91 Aa
Média		1,97				44,57		
C.V (%) 1		22,84				3,45		
C.V (%) 2		28,72				3,54		

* Na linha as médias seguidas pela mesma letra maiúscula e na coluna, pela mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Em estudos conduzidos por Moore (2002), avaliando a tolerância da canola a vários herbicidas, foi observado que o dicamba foi bem tolerado quando aplicado na cultura no estágio de 2-5 folhas plenamente expandidas, com uma dose variando de 150-500 g i.a ha⁻¹. No presente estudo também foi verificada tolerância pela cultura no estágio de 3-4 folhas, no entanto, quando utilizada dose (90 g i.a ha⁻¹) inferior as doses avaliadas pelo autor.

Para os tratamentos pré-emergentes (Tabela 3), houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) apenas para Lavras-MG nas variáveis de altura de planta e índice SPAD, sendo que o último apresentou interação entre os tratamentos pré e pós-emergentes (Tabela 2). Nos tratamentos pós-emergentes (Tabela 3), houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para altura de planta nos dois locais; índice SPAD e número de grãos por síliqua em Ijaci-MG.

Em Lavras-MG (Tabela 2), a análise dos pré-emergentes revelou diferença apenas no nível do pós-emergente quincloraque + dicamba, com os tratamentos S-metolachlor + clomazona, S-metolachlor e clomazona indicando os maiores valores de SPAD. No desdobramento dos pós-emergentes, apenas o nível do tratamento sem aplicação de herbicida teve diferença significativa, com quincloraque apresentando um valor de SPAD significativamente maior, sem diferença em relação ao tratamento com dicamba e sem pós-emergente. O tratamento com quincloraque + dicamba, não se diferiu do tratamento com dicamba e sem pós-emergente, exibindo menor valor de SPAD.

O medidor SPAD-502 avalia não destrutivamente o teor de clorofila e o estado de nitrogênio nas plantas (FONTES, 2011). Em situações de estresse, ocorre degradação e inibição da biossíntese de pigmentos fotossintéticos, resultando na perda de clorofila e afetando os índices SPAD, podendo causar problemas como clorose e redução no crescimento e rendimento das colheitas (IWUALA *et al.*, 2020; MESKINI-VISHKAEEM *et al.*, 2015; SAHAYS *et al.*, 2020). Por outro lado, Taiz e Zeiger (2017) afirmam que plantas com níveis elevados de clorofila têm potencial para maior atividade fotossintética, resultando em crescimento, desenvolvimento e produção mais eficazes.

Os resultados indicam que o uso de herbicidas pré e pós-emergentes não causou reduções significativas no índice SPAD (Tabela 2), resultando em índices iguais ou até superiores em comparação com os tratamentos sem herbicidas, sugerindo que o conteúdo de clorofila e a eficiência fotossintética não foram afetados ou que já haviam sido reestabelecidos da fitointoxicação gerada pelos herbicidas clomazona, quincloraque e dicamba.

Em Ijaci- MG (Tabela 3), para o índice SPAD, foi encontrada diferença apenas entre os tratamentos pós-emergentes, com o os herbicidas quincloraque e quincloraque + dicamba

apresentando maior valor para o parâmetro, enquanto o tratamento com dicamba e sem pós-emergente o menor.

Em Ijaci-MG, os tratamentos com quincloraque e quincloraque + dicamba apresentaram altos valores de SPAD, sugerindo respostas adaptativas das plantas ao estresse pelo herbicida, com aumento na produção de clorofila para otimizar a fotossíntese. No entanto, paradoxalmente, esses tratamentos exibiram a menor altura de planta, indicando possíveis inibições no crescimento devido aos efeitos do herbicida nas vias metabólicas, corroborando com estudos anteriores de Rodrigues *et al.* (2021), destacando a capacidade das plantas de aumentar a produção de clorofila em situações de estresse para superá-lo.

Os tratamentos com herbicidas não tiveram grandes impactos na altura das plantas híbridas Hyola 433. Em comparação com o estudo de Tomm *et al.* (2009b) em latitudes mais baixas (24 e 29°S), onde a altura média das plantas era de cerca de 124-131 cm, observamos que todos os tratamentos resultaram em valores dentro ou muito próximos desses. Em Lavras-MG (Tabela 3), nota-se que para os tratamentos pré-emergentes, S-metolachlor + clomazona proporcionou as maiores alturas de planta, não se diferenciando dos tratamentos com clomazona e sem pré-emergente, sendo que o último não se diferenciou do tratamento com S-metolachlor que apresentou a menor altura de planta. Enquanto para os tratamentos pós-emergentes, as maiores alturas foram obtidas para os tratamentos com dicamba, sem pós-emergente e quincloraque, sendo que o último não se diferenciou do tratamento com quincloraque + dicamba, proporcionando as menores alturas.

A menor altura de plantas nos tratamentos com S-metolachlor e sem pré-emergente pode ser atribuída à competição gerada entre a cultura e as plantas daninhas por recursos do meio, especialmente devido ao maior número de plantas daninhas presentes nesses tratamentos, conforme observado em Lavras-MG na Figura 3. Estes resultados estão em concordância com os de Brandler *et al.* (2021a), que também encontraram reduções no crescimento da canola devido a maior competição por plantas daninhas.

A eficácia e efeitos fitotóxicos das combinações de herbicidas nas plantas podem ser influenciados por fatores como sinergia, antagonismo ou efeitos aditivos. O impacto da mistura de herbicidas no crescimento e desenvolvimento das plantas varia devido a fatores como a resposta individual das plantas, o estágio de desenvolvimento, o mecanismo de ação dos herbicidas e as condições ambientais (OU *et al.*, 2018). Assim, acredita-se que as menores alturas ocasionadas pela mistura dos herbicidas quincloraque + dicamba, pode ser atribuída a maior fitointoxicação gerada pelo sinergismo entre a combinação dos herbicidas, evidenciado

pela potencialização dos seus efeitos nos resultados de fitointoxicação as plantas de canola (Tabela 1) e número de plantas daninhas (m^{-2}) (Figura 4B).

No entanto, apesar da fitointoxicação significativa gerada pelo dicamba (Tabela 1), observou-se um aumento notável na altura das plantas em ambos os locais. Essa elevação pode ser atribuída ao mecanismo de ação do herbicida, possivelmente associado à dose utilizada, sugerindo um processo de hormese. Este processo pode resultar em efeitos benéficos ou estimulantes para o crescimento das plantas, conforme destacado por Pires *et al.* (2022), que indicam que herbicidas mimetizadores de auxinas, como o dicamba, têm o potencial de desencadear esse fenômeno na fisiologia vegetal.

Tabela 3 – Altura de planta (cm⁻¹), SPAD aos 28 dias após aplicação (DAA), estande inicial e final (número de plantas por m⁻²), número de ramos e síliquis por planta e número de grãos por síliqua em função dos herbicidas pré e pós-emergentes. Lavras e Ijaci-MG.

Pré-emergentes	Altura (cm)		SPAD	Estande inicial		Estande final		N° ramos		N° Síliquis		N° grãos/síliquis	
	Lavras	Ijaci	Ijaci	Lavras	Ijaci	Lavras	Ijaci	Lavras	Ijaci	Lavras	Ijaci	Lavras	Ijaci
Sem pré	121,85 ab	125,10 a	46,36 a	38,70 a	33,20 a	23,02 a	20,21 a	4,75 a	3,99 a	178,97 a	142,75 a	16,80 a	14,12 a
S-metolachlor	118,89 b	130,44 a	45,28 a	38,33 a	30,34 a	23,09 a	21,30 a	4,82 a	3,95 a	183,66 a	176,26 a	16,48 a	13,51 a
Clomazona	127,87 a	126,69 a	46,59 a	35,73 a	35,34 a	24,06 a	24,92 a	5,51 a	4,04 a	276,08 a	153,04 a	18,80 a	13,57 a
S-metolachlor + Clomazona	129,84 a	129,51 a	45,20 a	33,70 a	28,91 a	23,02 a	18,77 a	5,32 a	4,18 a	260,95 a	189,68 a	17,70 a	12,95 a
Pós-emergentes													
Sem pós	129,34 a	134,87 a	44,96 bc	33,28 a	35,08 a	21,35 a	20,08 a	4,79 a	4,19 a	215,66 a	143,86 a	17,93 a	12,59 b
Quincloraque	121,34 ab	119,01 b	47,38 a	39,95 a	33,07 a	26,04 a	22,50 a	5,01 a	4,02 a	231,06 a	201,09 a	16,90 a	13,90 ab
Dicamba	129,41 a	133,41 a	44,36 c	33,33 a	30,18 a	22,47 a	22,06 a	5,04 a	3,91 a	212,20 a	145,11 a	16,82 a	12,97 ab
Quincloraque + Dicamba	118,36 b	124,44 b	46,74 ab	39,90 a	29,45 a	23,33 a	20,57 a	5,57 a	4,04 a	240,74 a	171,66 a	18,13 a	14,69 a
Média geral	124,61	127,93	45,86	36,61	31,95	23,30	21,3	5,1	4,04	224,92	165,43	17,44	13,54
C.V (%) 1	6,13	5,22	7,65	47,53	30,48	32,36	36,09	25,57	27,25	49,99	55,43	12,50	23,11
C.V (%) 2	7,09	5,18	5,26	32,55	25,43	26,33	27,60	20,55	20,30	31,73	43,96	13,80	13,48

* Na coluna médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Tukey ($p>0,05$).

Para a produtividade de grãos da cultura (Tabela 4), em relação aos tratamentos pré-emergentes, foi encontrada diferença estatística ($p < 0,05$) apenas em Lavras-MG, com as maiores produtividades obtidas nos tratamentos com S-metolachlor + clomazona e clomazona e as menores nos tratamentos com S-metolachlor e sem pré-emergente. Para os tratamentos pós-emergentes, foi verificada diferenças ($p < 0,05$) apenas para Ijaci-MG, com os tratamentos com uso de herbicidas (quincloraque, dicamba e quincloraque + dicamba) proporcionando as maiores produtividades e o tratamento sem pós-emergente menor produtividade. Os resultados obtidos para essa localidade corroboraram com o número de grãos por síliqua (Tabela 3), visto que o maior número de grãos foi obtido quando aplicado os herbicidas pós-emergentes.

Os maiores resultados de produtividade dos tratamentos com uso de herbicidas pré-emergentes em Lavras-MG e pós-emergentes em Ijaci-MG eram esperados (Tabela 4), pois os herbicidas em questão demonstraram eficácia superior no controle de plantas daninhas, reduzindo sua quantidade (Figura 3 e 4). Com menor competição, as plantas de canola expressaram melhor seu potencial produtivo. Esses dados concordam com Zuo *et al.* (2017), destacando a influência significativa da infestação de plantas daninhas nos componentes de produção e produtividade da canola.

Os resultados (Tabela 4), em parte, corroboram Gołębiowska e Badowski (2015), mostrando que a fitointoxicação causada pelo clomazona não afetou o rendimento da cultura, mas a mistura clomazona + metazacloro (mesmo grupo químico que o S-metolachlor) resultou em leves reduções na produtividade. Neste estudo, para Lavras-MG as maiores produtividades foram alcançadas com o uso combinado de S-metolachlor + clomazona ou isolada de clomazona.

Em Ijaci-MG, não houve diferenças entre as produtividades nos tratamentos pré-emergentes, e em Lavras-MG, entre os pós-emergentes (Tabela 4). Embora, os herbicidas tenham contribuído para a redução de plantas daninhas (Figuras 3 e 4), e não tenham causado impacto negativo na produtividade, que se manteve próxima ou superior à média nacional brasileira de 1249 kg ha⁻¹ no ano de 2022, conforme dados da Conab (2023). Segundo Gołębiowska e Badowski (2015), mesmo com o controle eficaz de plantas daninhas, outros fatores como escolha do material genético e condições climáticas podem influenciar o rendimento da colheita. Essa influência foi observada neste estudo, onde os mesmos tratamentos apresentaram divergências entre os locais de cultivo.

A maior produtividade da cultura em Ijaci-MG, mesmo sem o uso de pré-emergente, e em Lavras-MG, sem pós-emergente (Tabela 4), pode ser atribuída à notável habilidade competitiva do material genético, superando a presença de plantas daninhas. Autores anteriores evidenciaram que a variedade Hyola 433, quando bem manejada, apresenta alta competitividade com plantas daninhas e capacidade de conviver com um número maior delas, mantendo produtividades satisfatórias (BRANDLER *et al.*, 2021b; GALON *et al.*, 2023). Assim, a escolha cuidadosa do material genético é crucial no manejo integrado de plantas daninhas (BRANDLER *et al.*, 2021b; JHA *et al.*, 2017), conforme confirmado neste estudo. Essa constatação possibilita a formulação de futuros planos de manejo mais eficientes e conscientes, resultando em ganhos ao sistema de produção da canola.

No teste t para produtividade de grãos (Tabela 4), Lavras-MG mostrou diferença estatística entre a combinação dos herbicidas S-metolachlor + clomazona e quincloraque + dicamba, proporcionando maior produtividade ($2053,29 \text{ kg ha}^{-1}$) em relação à testemunha capinada ($1369,75 \text{ kg ha}^{-1}$). Em Ijaci-MG, os tratamentos sem pré + sem pós-emergente e S-metolachlor e clomazona + sem pós-emergente tiveram diferenças estatísticas, com produtividades abaixo da testemunha capinada ($1581,55 \text{ kg ha}^{-1}$). Constata-se que a produtividade da cultura foi notavelmente influenciada pela ação dos herbicidas na redução de plantas daninhas, como mostrado na Figura 3 e 4. A ausência desses herbicidas durante todo o desenvolvimento da cultura resultou em significativa diminuição na produtividade, destacando o aumento da competição entre as plantas.

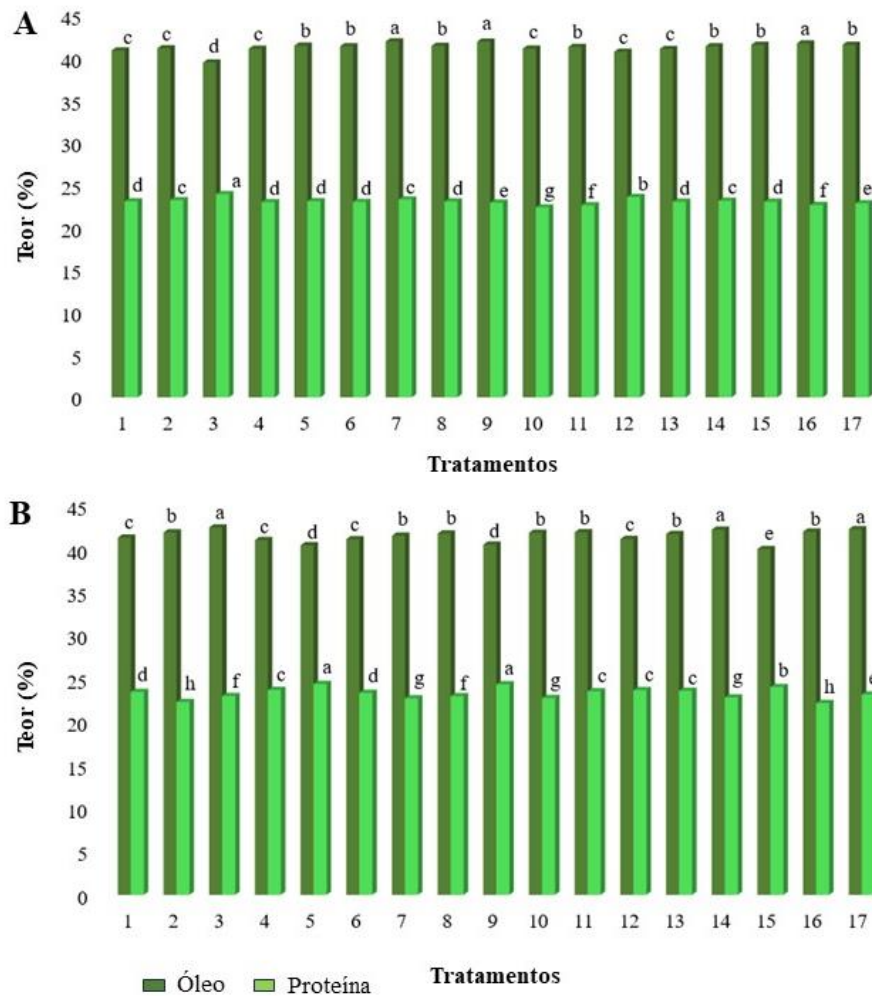
Tabela 4. Produtividade (kg ha⁻¹) da canola em função dos pré e pós-emergentes. Lavras e Ijaci-MG.

Pré-emergentes	Lavras-MG					Ijaci-MG				
	Pós-emergentes					Média	Pós-emergentes			
	Sem pós	Quincloraque	Dicamba	Quincloraque + Dicamba	Sem pós		Quincloraque	Dicamba	Quincloraque + Dicamba	Média
Sem pré	1036,55	996,10	1035,32	1064,63	1033,15 b	948,07*	1261,16	1268,56	1433,49	1227,82 a
S-metolachlor	797,15	825,80	1240,97	1262,49	1031,60 b	955,00*	1470,14	1619,88	1725,08	1442,52 a
Clomazona	1169,75	1707,34	1727,03	1620,76	1556,22 a	968,66*	1138,60	1167,69	1543,59	1204,63 a
S-metolachlor + Clomazona	1813,31	1822,65	1871,00	2053,29*	1890,06 a	1132,29	1783,65	1568,28	1788,51	1568,18 a
Média	1204,19 A	1337,97 A	1468,58 A	1500,29 A		1001,00 B	1413,38 A	1406,10 A	1622,67 A	

¹Na linha as médias seguidas pela mesma letra maiúscula e na coluna, pela mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p>0,05$). *Médias estatisticamente diferentes da testemunha (capinada) - 1369,75 kg ha⁻¹ (Lavras-MG); 1581,55 kg ha⁻¹ (Ijaci-MG), pelo teste-t Student ($p<0,05$). Coeficiente de variação-CV (%): CV1=27,87; CV2=32,58.

Para o teor de óleo e proteína, verifica-se houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos pré e pós-emergentes para os dois locais de cultivo (Figura 5).

Figura 5 – Teor de óleo e proteína dos grãos de canola em Lavras-MG (A) e Ijaci-MG (B) em função dos tratamentos pré e pós-emergentes. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p > 0,05$).



Legenda: Tratamentos: 1: S-metolachlor e clomazona + sem pós-emergente; 2: S-metolachlor + dicamba; 3: S-metolachlor + quincloraque; 4: sem pré-emergente + quincloraque e dicamba; 5: sem pré-emergente + quincloraque; 6: sem-pré-emergente + sem pós-emergente; 7: S-metolachlor e clomazona + quincloraque e dicamba; 8: S-metolachlor e clomazona + dicamba; 9: sem pré-emergente + dicamba; 10: clomazona + dicamba; 11: testemunha (capina); 12: clomazona + quincloraque e dicamba; 13: S-metolachlor + quincloraque e dicamba; 14: S-metolachlor e clomazona + quincloraque; 15: clomazona + quincloraque; 16: S-metolachlor + sem pós-emergente; 17: clomazona + sem pós-emergente.

Em Lavras-MG (Figura 5A), os maiores teores de óleo foram obtidos no tratamento com S-metolachlor + sem pós-emergente, sem pré-emergente + dicamba e S-metolachlor e clomazona + quincloraque e dicamba (Tratamentos 16, 9 e 7); enquanto o menor teor foi obtido no tratamento com S-metolachlor + quincloraque (Tratamento 3). Quanto ao teor de proteína, o maior foi obtido no tratamento com S-metolachlor + quincloraque (Tratamento 3) e o menor no tratamento com clomazona + dicamba (Tratamento 10).

Em Ijaci-MG (Figura 5B), os maiores teores de óleo foram obtidos nos tratamentos com S-metolachlor e clomazona + quincloraque; clomazona + sem pós-emergente; S-metolachlor + quincloraque (Tratamentos 14, 17 e 3); enquanto o menor teor no tratamento com clomazona + quincloraque (Tratamento 15). Para proteína, os maiores teores foram obtidos nos tratamentos sem pré-emergente + dicamba e sem pré-emergente + quincloraque (Tratamentos 9 e 5), e os menores no tratamento com S-metolachlor + sem pós-emergente; S-metolachlor + dicamba (Tratamentos 16 e 2).

De modo geral, nos resultados observa-se que maiores teores de óleo estão associados a menores teores de proteínas, indicando um processo de compensação óleo-proteína comum em oleaginosas devido à alocação de recursos pela planta ao longo de seu ciclo de vida. Esta associação inversa entre os teores de óleo e proteína na colza já foram confirmadas por diversos autores, como Rathke, Behrens e Diepenbrock (2006) e Kaefer *et al.* (2014).

Em Lavras-MG, os herbicidas pré e pós-emergentes não afetaram negativamente os teores de óleo e proteína dos grãos em comparação com a testemunha capinada, apresentando teores superiores ou similares. Em Ijaci-MG, houve uma influência maior dos herbicidas pré-emergentes nos teores de óleo, com os menores obtidos nos tratamentos sem aplicação de herbicida e os maiores com o uso desses herbicidas. Quanto à proteína, os herbicidas pós-emergentes tiveram maior influência, resultando em maiores teores quando utilizados. Acredita-se que esses resultados se devem à contribuição dos herbicidas no controle de plantas daninhas, reduzindo a competição e o estresse nas plantas de canola, favorecendo a alocação de mais recursos da planta para a produção destes compostos.

Silva *et al.* (2023) realizaram uma avaliação dos teores de óleo e proteína de híbridos de canola no Cerrado brasileiro, destacando que, para a Hyola 433, a produção máxima foi de 32,06% para óleo e 38% para proteína. Em um estudo paralelo, Santiago *et al.* (2023) também em condições de Cerrado, registraram o máximo teor de óleo para a Hyola 433 de 31,75%. Neste estudo atual, os teores de óleo foram superiores aos mencionados por ambos os autores, embora os teores de proteína tenham sido inferiores aos obtidos por Silva *et al.* (2023).

Os resultados favoráveis indicam que a aplicação de herbicidas na cultura da canola não teve impacto negativo nos teores de óleo e proteína, evidenciando sua eficácia sem causar danos. Acredita-se que as variações nos teores de óleo e proteína estejam mais relacionadas ao genótipo e às condições climáticas de cultivo, conforme mencionado por Tomm *et al.* (2009a).

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que os herbicidas avaliados demonstraram potencial de seletividade e eficácia no controle de plantas daninhas na cultura da canola, abrindo premissas para a realização de mais pesquisas visando a inclusão destes no sistema de produção da cultura.

REFERÊNCIAS

AMERICAN OIL CHEMIST SOCIETY. **AOCS Am- 5-04: Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High-Temperature Solvent Extraction**. Urbana, USA, American Oil Chemist Society, 2017.

AMERICAN OIL CHEMIST SOCIETY. **AOCS Ca 5a-40: Free fatty acids**. Urbana, USA, American Oil Chemist Society, 2012.

BERGMANN, J.C. *et al.* Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 411-420, mai. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.058>.

BRANDLER, D. *et al.* Periods of weed plant interference in canola. **Communications In Plant Sciences**, v. 11, n.1, p. 001-008, abr. 2021a. DOI: <http://dx.doi.org/10.26814/cps2021001>.

BRANDLER, D. *et al.* Interference and level of economic damage of turnip in canola. **Revista Agrária Acadêmica**, v.4, n. 5, p. 39-56, set. 2021b. DOI: 10.32406/v4n5/2021/39-56/agrariacad.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema AGROFIT** [Base de dados na Internet].2023. Disponível em:<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>>. Acesso em: 26 set. 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos. Safra 2022/23**, v. 11, n.3, 2023. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

DANTAS, A. A. A., CARVALHO, L. G. D., FERREIRA, E. Climatic classification and tendencies in Lavras region, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p. 1862-1866, dez. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600039>.

DE MORI, C.; TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 149). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/988475/aspectos-economicos-e-conjunturais-da-cultura-da-canola-no-mundo-e-no-brasil>>. Acesso em: 03 set 2023.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of the 3th and 4th meetings of EWRC- Committee of methods in weed research. **Weed Res.**, v. 4, n. 1, p. 88, 1964.

FARM ADVICE SERVICE. **Winter Oilseed Rape Updat**. 2020. Disponível em: <<https://www.fas.scot/article/winter-oilseed-rape-august-2020/>>. Acesso em: 04 dez. 2023.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa: Arka Editora, 1 ed., 296 p., 2011.

GALON, L. *et al.* Interação competitiva e nível de dano econômico de azevém daninho em híbridos de canola. **Revista Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n.3, p. 414-428, ago. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811712232023414>.

GALON, L. *et al.* Controle de plantas daninhas na cultura da canola com diferentes herbicidas. **Weed Control Journal**, v. 20, n.1, e202100741, mai. 2021. DOI: 10.7824/wcj.2021;20:00741.

GOLEBIEWSKA, H., BADOWSKI, M. The effect of metazachlor used in mixtures with clomazone and chinomeracon on morphology of plants and seed quality of some cultivars of winter oilseed rape. **Acta Scientiarum Polonorum Agricultura**, v.14, n.3, p. 25-38, 2015. ISSN 2300-8504 (online).

GUIMARÃES C. G. *et al.* **Canola: Panorama atual e tecnologias de produção no Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Agroenergia; 2022. 69 p. (Documentos, 40). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1140176/canola-panorama-atual-e-tecnologias-de-producao-no-brasil>>. Acesso em: 20 set. 2023.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), 2023. **Banco de dados meteorológicos**. Disponível em:< <https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 12 out. 2023.

IWUALA, E. *et al.* Drought stress modulates expression of aquaporin gene and photosynthetic efficiency in *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. genotypes. **Current Plant Biology**, v.21, 00131, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2019.100131>.

JHA, P. *et al.* Weed management using crop competition in the United States: A review. **Crop Protection**, v.95, p.31-37, mai. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.06.021>.

KAEFER, J. E. *et al.* Produtividade de grãos e componentes de produção da canola de acordo com fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.4, p.273-280, abr. 2014. DOI:<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000400005>.

KAUR, S.; KAURB, R.; CHAUHAN, B. S. Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions an their implications for weed management in agricultural systems. **Crop Protection**, v.103, p. 65-72, jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.09.011>.

GUIMARÃES C. G. *et al.* **Canola: Panorama atual e tecnologias de produção no Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Agroenergia; 2022. 69 p. (Documentos, 40). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1140176/canola-panorama-atual-e-tecnologias-de-producao-no-brasil>>. Acesso em: 20 set. 2023.

LAVIOLA, B. G. *et al.* **Performance de genótipos de canola nas condições de Cerrado.** Brasília-DF: Embrapa Agroenergia; 2019. 24 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroenergia, 20). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207655/1/BRUNO-BP20.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2023.

LOVARELLI, D. *et al.* Barley production in Spain and Italy: Environmental comparison between different cultivation practices. **Science of The Total Environment**, v. 707, 135982, mar. 2020.

MELHORANÇA, A.L., 1984. **Efeito dos herbicidas pós-emergentes no desenvolvimento e na produção de grãos de soja.** Londrina-PR: Embrapa-CNPSO; 1984. 1078p. (Documentos, 7).

MESKINI-VISHKAEI, F. *et al.* Evaluation of canola chlorophyll index and leaf nitrogen under wide range of soil moisture. **International Agrophysics**, v.29, n.1, p.83-90. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1515/intag-2015-0014>.

MOORE, J. The tolerance of canola to herbicides. In: THIRTEENTH AUSTRALIAN WEEDS CONFERENCE, 13., 2002, Austrália. **Conference**. Perth, Austrália Ocidental: 2002. p. 348-351. Disponível em: <<https://caws.org.nz/old-site/awc/2002/awc200213481.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2024.

NANDULA, V.K. Recent Advances in Deciphering Metabolic Herbicide Resistance Mechanisms. In: JUGULAM, M. (Ed.) **Biology, Physiology and Molecular Biology of Weeds**. Boca Raton: CRC Press, p. 154-165, 2017.

OU, J. *et al.* Reduced Translocation of Glyphosate and Dicamba in Combination Contributes to Poor Control of Kochia scoparia: Evidence of Herbicide Antagonism. **Scientific Reports**, v.8, 5330, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23742-3>.

PIRES, F. A. M. *et al.* Intoxicação de cafeeiro recém implantado por deriva simulada do herbicida dicamba. **Revista Agrogeoambiental**, v.15, e20231728, nov. 2022. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v15n120231728>.

RATHKE, G. W.; BEHRENS, B.; DIEPENBROCK, W. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.117, p.80-108. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.006>.

REIS, F.C. *et al.* Seletividade, hormesis e fisiologia dos herbicidas nas plantas. In: BARROSO, A.A.M., MURATA, A.T. (eds) **Matologia, Estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Editora Fábrica da Palavra, p.295-323, 2021.

RODRIGUES, N. F. *et al.* Índice SPAD para monitoramento da atividade fotossintética da braquiária submetida ao estresse hídrico. In: MOURA, P. H. A.; MONTEIRO, V. F. C. (org.). **Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis 2**. Ponta Grossa: Atena, p. 80-86. 2021.

- ROSSI, C.V.S. *et al.* Comparação entre métodos químicos de controle de buva com início de dessecação em período seco ou úmido. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, e613, nov. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v17.613>.
- SABBAHI, R. *et al.* Factors Affecting the Quality of Canola Grains and Their Implications for Grain. **Foods**, v.12, n. 11, 2219, mai. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12112219>.
- SAHAY, S. *et al.* Photosynthetic activity and RAPD profile of polyethylene glycol treated *B. juncea* L. under nitric oxide and abscisic acid application. **Journal of Biotechnology**, v.313, p.29-38, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2020.03.004>.
- SANTIAGO, A. C. *et al.* Path analysis and near-infrared spectroscopy in canola crop. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.53, n.6, e20220071, mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220071>.
- SANTOS, H. G. dos *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 5. ed. rev. e ampl., 356p., 2018.
- SASKATCHEWAN MINISTRY OF AGRICULTURE, 2023. **GUIDE TO CROP PROTECTION**: for the chemical management of weeds, plant diseases and insects. For the chemical management of weeds, plant diseases and insects. Disponível em: <https://www.saskatchewan.ca/business/agriculture-natural-resources-and-industry/agribusiness-farmers-and-ranchers/crops-and-irrigation/crop-guides-and-publications/guide-to-crop-protection>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: 10 ed., 400 p., 2004.
- SCHNEIDER, T. *et al.* Controle químico de buva em dessecação pré-semeadura da soja. **Weed Control J**, v.21, e202200766, jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.7824/wcj.2022;21:00766>.
- SILVA, I.M.H.L. *et al.* Chemical composition of grains of hybrids cultivated in Jataí-GO. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v.21, n.6, p.3901-3913, jun. 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv21n6-044>.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Alegre: Artmed, 6 ed., 858 p., 2017.
- TOMM, G.O. *et al.* **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa/ CNPT, 2009a. 27p. (Documentos Online, 118). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/852581/panorama-atual-e-indicacoes-para-aumento-de-eficiencia-da-producao-de-canola-no-brasil>. Acesso em: 03 set. 2023.
- TOMM, G. O. *et al.* **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009b. 39 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 113). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm. Acesso em: 20 set. 2023.

USDA- United States Departmento of Agriculture, 2023. **Oilseeds: World Markets and Trade**. Disponível em:<<https://www.fas.usda.gov/search?keyword=Oilseeds%3A+World+Markets+and+Trade>>. Acesso em: 24 set. 2023.

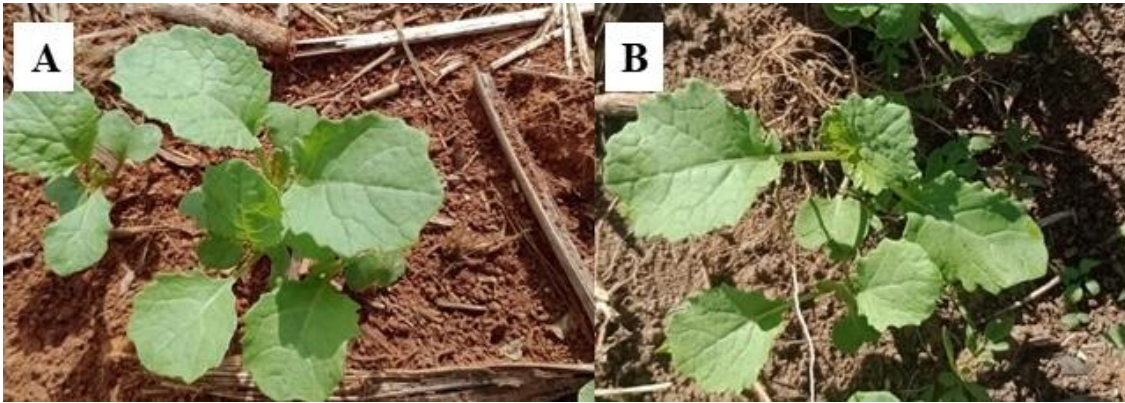
ZUO, Q. *et al.* The effect of sowing depth and soil compaction on the growth and yield of rapeseed in rice straw returning field. **Field Crops Research**, v.203, p.47-54, mar. 2017.<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.016>.

TERCEIRA PARTE- CONSIDERAÇÕES FINAIS

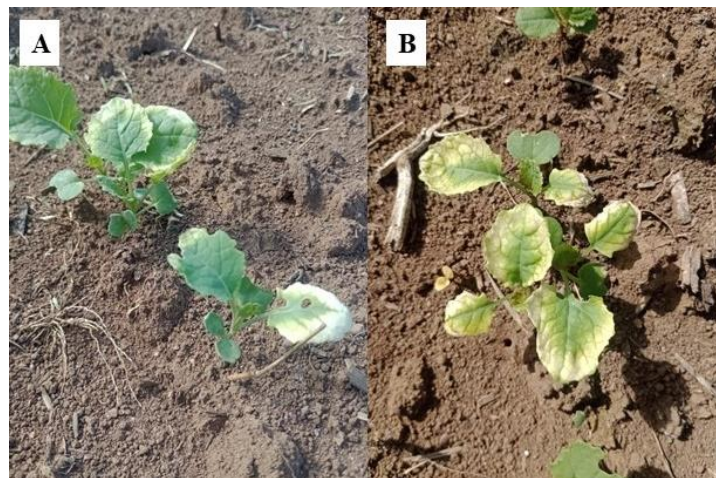
Os resultados deste estudo sobre o potencial de herbicidas na cultura da canola revelaram importantes conclusões para o manejo eficaz de plantas daninhas nessa oleaginosa. Os herbicidas clomazona em pré-emergência e quincloraque e dicamba em pós-emergência demonstraram capacidade de seletividade, mesmo não sendo registrados para uso específico na canola no Brasil, evidenciando sua eficácia no controle das plantas competidoras. Apesar da fitointoxicação observada em algumas condições, esses herbicidas não comprometeram a produtividade nem a qualidade dos grãos de canola, garantindo assim a manutenção do potencial econômico da cultura. Os resultados ressaltam a importância de pesquisas contínuas para avaliar a inclusão desses herbicidas no sistema de produção da canola juntamente do s-metolachlor (já registrado para uso em pré-emergência), considerando diferentes condições ambientais e seus efeitos a longo prazo. Além disso, destaca-se o papel crucial da inovação tecnológica e do desenvolvimento de novas estratégias de manejo para impulsionar a expansão da cultura da canola no Brasil, promovendo assim a diversificação de culturas e contribuindo para a geração de renda no setor agrícola.

APÊNDICES

APÊNDICE A- Aspecto visual de plantas de canola em Ijaci-MG (A) e Lavras-MG (B) aos 10 dias após aplicação (DAA) do herbicida pré-emergente S-metolachlor.



APÊNDICE B- Aspecto visual de plantas de canola em Lavras-MG aos 20 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas clomazona (A) e S-metolachlor + clomazona (B) em pré-emergência.



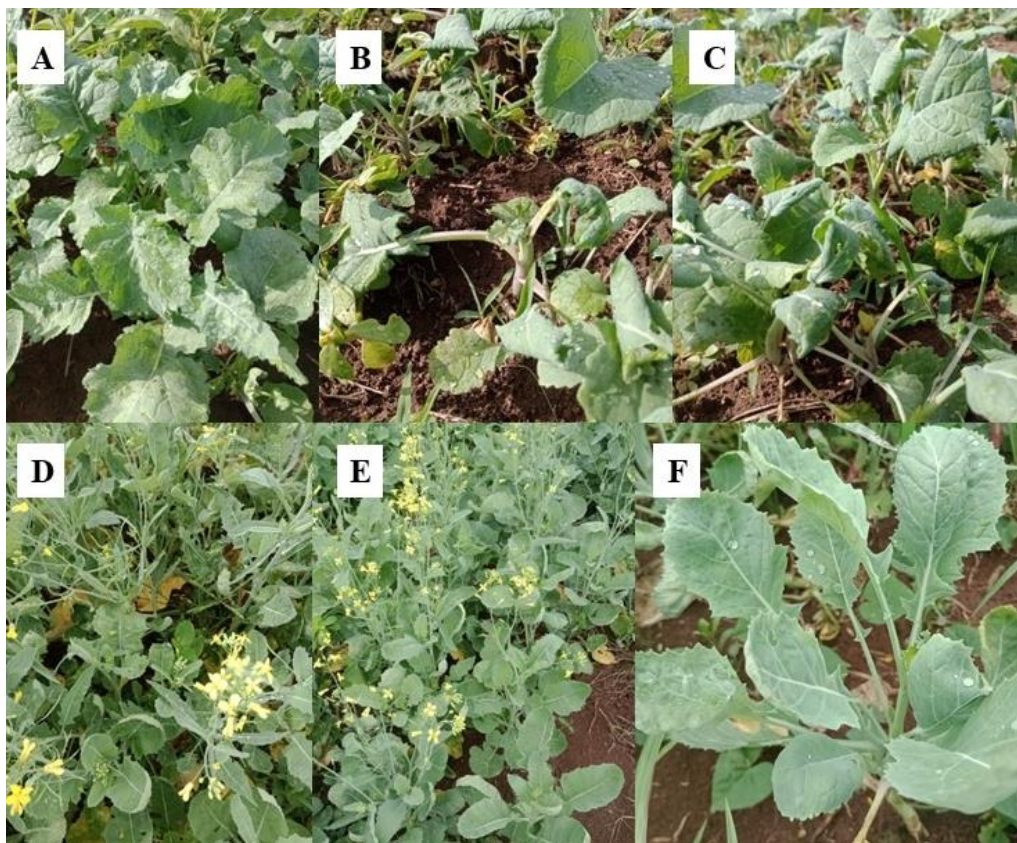
APÊNDICE C- Aspecto visual de plantas de canola em Ijaci-MG aos 10 (A), 20 (B) e 30 (C) dias após aplicação (DAA) do herbicida clomazona e 20 (D) DAA do herbicida S-metolachlor + clomazona em pré-emergência.



APÊNDICE D- Aspecto visual de plantas de canola em Ijaci-MG aos 14 (A) dias após aplicação (DAA) do herbicida dicamba e 21 (B) e 28 (C) DAA do herbicida quincloraque + dicamba em pós-emergência.



APÊNDICE E- Aspecto visual de plantas de canola em Lavras-MG aos 7 (A, B e C) e 28 (D, E e F) dias após aplicação (DAA) dos herbicidas quincloraque (A e D), dicamba (B e E) e quincloraque + dicamba (C e F) em pós-emergência.



ANEXO

ANEXO A- Tabela índice de avaliação e descrição de fitointoxicação.

Índice de avaliação	Descrição da fitointoxicação
1	Sem dano
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas
3	Pequenas alterações visíveis em muitas plantas (clorose e encarquilhamento)
4	Forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose
5	Necrose de algumas folhas, acompanhada de deformação em folhas e brotos
6	Redução no porte das plantas, encarquilhamento e necrose das folhas
7	Mais de 80% das folhas destruídas
8	Danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas
9	Morte da planta

Fonte: EWRC (1964) adaptado por Melhorança (1984).