



INARA ALVES MARTINS

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA INCREMENTO DA
PRODUTIVIDADE DE CULTURAS OLEAGINOSAS NOS
SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

**LAVRAS – MG
2023**

INARA ALVES MARTINS

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE DE
CULTURAS OLEAGINOSAS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Tese 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 Doutor.

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira
Orientador

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

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

Martins, Inara Alves.

Estratégias de manejo no sistema de produção e incremento da
produtividade de culturas oleaginosas / Inara Alves Martins. -
2023.

81 p.

Orientador: Silvino Guimarães Moreira.

Coorientador: Guilherme Vieira Pimentel.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. *Glycine max* (L) Merrill.. 2. Regulador de crescimento. 3.
Componentes de produção. I. Moreira, Silvino Guimarães. II.
Pimentel, Guilherme Vieira. III. Título.

INARA ALVES MARTINS

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE DE
CULTURAS OLEAGINOSAS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

**MANAGEMENT STRATEGIES TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF
OLEAGINAL CROPS IN PRODUCTION SYSTEMS**

Tese 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 Doutor.

APROVADA em 1 de março de 2023.

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel

Dra. Flavia Carvalho Santos

Prof. Dra. Christiane Augusta Diniz Melo

Prof. Dr. Amilton Ferreira da Silva

UFLA

Rehagro Pesquisa

UFLA

UFSJ

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira
Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

*Aos meus pais pelo amor incondicional e incentivo aos meus sonhos.
À minha mãe Rejane por ser exemplo de força e perseverança.
Ao meu pai Vantuir (in memoriam) por ser exemplo de bondade e alegria.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por estender suas mãos e me dar força e incentivo para continuar esta caminhada, guiando-me com a certeza de nunca estar sozinha.

À minha família, especialmente aos meus pais, Rejane e Vantuir (*in memoriam*), pelo amor incondicional, incentivo, apoio e carinho, por estarem sempre ao meu lado acreditando na realização deste sonho.

Aos meus avós, Joaquim, Maria Luzia, Francisco e Rosa (*in memoriam*), onde quer que estejam, foram exemplos de pessoas simples e batalhadoras que nunca desistiram e, se estivessem comigo neste momento, encher-se-iam de orgulho, a saudade é maior que tudo.

À minha avó Cleusa, por ser exemplo de força, luta e perseverança, pelas orações e incentivo. Aos meus padrinhos, Maria Aparecida e José Hamilton, pelo apoio, orações e por estarem sempre ao meu lado. A todos os meus familiares, tios, tias, primos e primas, pela torcida, pelo apoio, amizade e confiança.

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

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao professor e orientador, Dr. Silvino Guimarães Moreira, por me acolher, 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. Guilherme Vieira Pimental, por todo o conhecimento transmitido e auxílio no desenvolvimento do trabalho, pela amizade e exemplo de profissional.

Aos demais membros da banca examinadora: Dra. Flávia Carvalho Santos, Profa. Dra. Christiane Augusta Diniz Melo, Prof. Dr. Amilton Ferreira da Silva pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições.

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, pela colaboração e ajuda nos trabalhos de campo. À Marli dos Santos Túlio, secretária do programa de Pós-Graduação Agronomia/Fitotecnia, por todo o apoio, amizade e paciência.

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

Às minhas amigas, Carine e Júlia, que sempre estiveram comigo nesta caminhada, apoiando, incentivando e proporcionando-me momentos de felicidade.

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

MUITO OBRIGADA!

*“ Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com
você por onde você andar”. Josué 1:9*

RESUMO GERAL

O Brasil é considerado o maior produtor de soja do mundo, possuindo condições climáticas favoráveis para o cultivo de outras oleaginosas de grande importância, porém com baixas produtividades, por exemplo, a cultura da canola. De acordo com o cenário mundial de produção de grãos, a obtenção de elevadas produtividades depende de vários fatores, e a utilização de culturas alternativas no sistema de produção é uma delas. Aliado a esse cenário, houve rápido crescimento da utilização de substâncias que buscam aumentar a produtividade de soja. Entre esses compostos, os herbicidas lactofen, imazetapir e 2,4 D têm sido empregados, no entanto são poucas as informações científicas que atestam esses manejos, o que causa instabilidade na resposta observada no campo. Visando entender o desempenho da cultura da soja, quanto à utilização de reguladores de crescimento e também verificar a possibilidade de introdução da canola, no sistema de produção da região do Campo das Vertentes - MG, objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito da aplicação de herbicidas e outros reguladores de crescimento, aplicados em diferentes doses e épocas na soja BMX Desafio RR, sob diferentes densidades de semeadura, além de avaliar o desempenho agrônomico de híbridos de canola nas condições de cultivo na mesorregião do Campo das Vertentes, MG. Os experimentos foram conduzidos no centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agricultura da UFLA-Fazenda Muquém. Para o experimento com reguladores de crescimento, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas principais constituídas por duas densidades de semeadura, 300 e 400 mil plantas ha⁻¹. As subparcelas foram constituídas pelo 1- Lactofen em V4, na dose de 144 mL ha⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.); 2- Lactofen em V6 (144 mL ha⁻¹ de i.a.); 3- Lactofen em V4 (72 mL ha⁻¹ de i.a) + V6 (72 mL ha⁻¹ de i.a.); 4- Corte mecânico das gemas apicais no estágio V6, 5- Grain set® em V4 (250 mL ha⁻¹) +V6 (250 mL ha⁻¹); 6- 2,4 D em V6 (50 mL ha⁻¹ de i.a.); 7- Imazetapir em V6 (300 mL ha⁻¹ de i.a.); e 8- Controle, sem aplicação de produto. Foram avaliados os componentes de produção e produtividade de grãos de soja. Para o experimento de desempenho agrônomico de híbridos de canola, foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 6 × 6, com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por seis híbridos de canola, sendo: Hyola 433, Hyola 575 CL, Nuola 300, Hyola 571 CL, Diamond e ALHT B4. O segundo fator foi composto pelas seis épocas de semeadura: 15/02/2019, 28/02/2019, 20/03/2019, 09/04/2019, 22/02/2021 e 11/03/2021. Foram avaliados os componentes de produção, produtividade de grãos e óleo de canola. Baixas densidades de plantas proporcionam incremento nos componentes de produção da cultivar Desafio RR. Utilizar reguladores de crescimento na soja proporciona incrementos em produtividade de grãos de soja. Os híbridos de canola Nuola 300 e Hyola 575 CL possuem potencial para serem cultivados na região do Campo das vertentes – MG.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Regulador de crescimento. Componentes de produção. Tropicalização. *Brassica napus* L. var. *oleifera*.

GENERAL ABSTRACT

Brazil is considered the largest soybean producer in the world, with favorable climatic conditions for the cultivation of other oilseeds of great importance, but with low productivity, for example canola. According to the world scenario of grain production, obtaining high yields depends on several factors, and the use of alternative crops in the production system is one of them. Allied to this scenario, there was a rapid growth in the use of substances that seek to increase soybean productivity. Among these compounds, the herbicides lactofen, imazethapyr and 2,4 D have been used, however, there is little scientific information attesting to these practices, which causes instability in the response observed in the field. Aiming to understand the performance of the soybean crop in terms of the use of growth regulators and also to verify the possibility of introducing canola in the production system in the region of Campo das Vertentes - MG, the objective of this work was to evaluate the effect of the application of herbicides and other growth regulators, applied at different doses and times in BMX Desafio RR soybean under different sowing densities, in addition to evaluating the agronomic performance of canola hybrids under cultivation conditions in the mesoregion of Campo das Vertentes, MG. The experiments were conducted at the Center for Scientific and Technological Development in Agriculture at UFLA-Fazenda Muquém. For the experiment with growth regulators, a randomized block design was used in a split-plot scheme, with four replications, with the main plots consisting of two sowing densities, 300 and 400 thousand plants ha⁻¹. The subplots consisted of 1- Lactofen in V4, at a dose of 144 mL ha⁻¹ of active ingredient (i.a.); 2- Lactofen in V6 (144 mL ha⁻¹ a.i.); 3- Lactofen in V4 (72 mL ha⁻¹ a.i.) + V6 (72 mL ha⁻¹ a.i.); 4- Mechanical cutting of the apical buds at the V6 stage, 5- Grain set® at V4 (250 mL ha⁻¹) +V6 (250 mL ha⁻¹); 6- 2.4 D in V6 (50 mL ha⁻¹ a.i.); 7- Imazethapyr in V6 (300 mL ha⁻¹ a.i.); and 8- Control, without product application. Soybean production and yield components were evaluated. For the experiment on the agronomic performance of canola hybrids, a randomized block design was used in a 6 × 6 factorial scheme, with four replications. The first factor was composed of six canola hybrids, namely: Hyola 433, Hyola 575 CL, Nuola 300, Hyola 571 CL, Diamond and ALHT B4. The second factor was composed of the six sowing dates: 02/15/2019, 02/28/2019, 03/20/2019, 04/09/2019, 02/22/2021 and 03/11/2021. The components of production, grain yield and canola oil were evaluated. Low plant densities provide an increase in the production components of the Desafio RR cultivar. Using growth regulators in soybean provides increases in soybean grain productivity. The canola hybrids Nuola 300 and Hyola 575 CL have the potential to be cultivated in the Campo das Vertentes region – MG.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill. Growth regulator. Production components. Tropicalization. *Brassica Napus* L. var. oleífera.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

Figura 1 - Dados de temperatura e precipitação acumulada (mm) dos meses de condução dos experimentos nas safras 2019/20 e 2020/21 do município de Lavras – MG.	41
---	----

ARTIGO 2

Figura 1 - Precipitações e temperaturas médias do município de Lavras durante a realização do experimento nas safras 2019 (A) e 2021 (B).....	63
Figura 2 - Dendrograma de dissimilaridade fenotípica	75

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

Tabela 1 - Composição química do solo (0 a 20 cm), na Fazenda Múquem- Lavras/MG, nas safras 2019/20 e 2020/21	41
Tabela 2 – Tratamentos e épocas de aplicação de acordo com o estágio fenológico da cultura da soja	42
Tabela 3 - Altura de plantas (cm) de soja em função da aplicação de Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir, corte mecânico das gemas apicais em V6 e densidades de semeadura, nas safras 2019/20 e 2020/21	45
Tabela 4 - Número de nós na haste principal de plantas de soja, em função da aplicação dos tratamentos Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir e corte mecânico das gemas apicais, bem como densidades de semeaduras nas safras 2019/20 e 2020/21	47
Tabela 5 - Número de nós nos ramos laterais de plantas de soja, em função da aplicação dos tratamentos Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir, corte mecânico das gemas apicais, bem como densidades de semeaduras nas safras 2019/20 e 2020/21	48
Tabela 6 - Número de ramos laterais de plantas de soja, em função da aplicação dos tratamentos Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir, corte mecânico das gemas apicais, bem como densidades de semeaduras nas safras 2019/20 e 2020/21	50
Tabela 7 - Número médio de legumes, em função da aplicação dos tratamentos: Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir, corte mecânico das gemas apicais e o controle sem aplicação de produto e densidades de semeaduras nas safras 2019/20 e 2020/21	51
Tabela 8 - Produtividade, em função da aplicação dos tratamentos Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir e corte mecânico das gemas apicais, bem como densidades de semeaduras nas safras 2019/20 e 2020/21	53

ARTIGO 2

Tabela 1 - Tabela 1- Caracterização dos atributos químicos de um Latossolo Vermelho, da camada de 0-20 cm da área experimental Fazenda Muquém nas safras 2019 e 2021.....	62
Tabela 2 - Ciclo total (dias) de seis híbridos de canola em função das diferentes épocas de semeadura	67
Tabela 3 - Dias da emergência ao florescimento (DEF) em função dos diferentes híbridos e épocas de semeadura.....	68
Tabela 4 - Altura média (m) em função das diferentes épocas de semeadura de canola.....	69
Tabela 5 - Número de síliquas por planta em função dos diferentes híbridos e épocas de semeadura de canola	70
Tabela 6 - Número de grãos por síliquas em função dos diferentes materiais e épocas de semeadura de canola	71
Tabela 7 - Produtividade de grãos de canola (kg/ha) em função das diferentes épocas de semeadura e híbridos de canola	72
Tabela 8 - Teor de óleo (%) em função de diferentes híbridos de canola em seis épocas de semeadura	74
Tabela 9 - Produtividade de óleo (kg ha ⁻¹) em função de diferentes híbridos de canola em seis épocas de semeadura.....	74

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	14
1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Aspectos gerais sobre a cultura da soja	16
2.2	Principais desafios da sojicultura brasileira e estratégias para incrementar a produtividade de grãos	17
2.3	Manejo da população de plantas visando a incrementos em produtividade na cultura da soja	18
2.4	Uso de herbicidas em subdose para alterar a arquitetura de plantas e seus componentes de produção	19
2.4.1	Inibidores da PROTOX - Lactofen	21
2.4.2	Inibidores da ALS – Imazetapir	22
2.4.3	Mimetizadores de auxina – 2,4 D.....	22
2.4.4	Grain set.....	23
2.5	Aspectos gerais sobre a cultura da canola	23
2.6	Aspectos econômicos da cultura da canola	25
2.7	Perspectivas e desafios para a introdução e produção da cultura canola no sistema de produção de grãos.....	27
	REFERÊNCIAS	30
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS.....	37
	ARTIGO 1 - ARQUITETURA DE PLANTAS DE SOJA E PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DE HERBICIDAS REGULADORES DE CRESCIMENTO	37
1	INTRODUÇÃO	39
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	55
	ARTIGO 2 - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE CANOLA NO CAMPO DAS VERTENTES – MG	59
1	INTRODUÇÃO	61
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	62
3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	65
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	78

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se posiciona como quarto maior produtor mundial de grãos, atrás apenas da China, Estados Unidos e Índia (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA - FAO, 2023), com uma produção de 271 milhões de toneladas na safra de 2020/21 e estimativas de chegar a 310 milhões de toneladas na safra 2022/23 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2023). Dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2023) apontam uma redução de 2,5 milhões de toneladas, na produção mundial de oleaginosas, para a safra 2022/23, pelo fato, principalmente, de uma redução de produção do grão na Argentina. Esse cenário mundial indica a necessidade de se desenvolver estratégias que visam incrementar a produtividade de culturas oleaginosas, uma vez que o Brasil é consolidado como um dos maiores países produtores de grãos do mundo. Neste sentido, o campeão brasileiro do CESB, na safra 2021/22, chegou a uma produtividade de 126,85 sacas ha⁻¹, mostrando o potencial em produtividade que pode ser explorado por produtores de soja (COMITÊ ESTRATÉGICO SOJA BRASIL - CESB, 2022).

No mercado há uma gama de tecnologias usadas para alcançar elevadas produtividades da cultura, resultado da interação entre o potencial genético da variedade cultivada e as condições ambientais durante o cultivo (PONTES JÚNIOR, 2012). Uma dessas tecnologias é o uso de reguladores vegetais (como herbicidas em subdose), para cessar o crescimento em altura da planta e induzir as ramificações laterais, o que, em consequência, pode levar à maior formação de nós reprodutivos, possibilitando maior número de inflorescências e maior número de vagens por planta (FOLONI *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2021). Porém fatores como o clima e a genética de cada cultivar de soja fazem com que os resultados de diversos pesquisadores não sejam consistentes, ainda havendo a necessidade de confirmação (GALLON *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2021; ROSA, 2018; SOARES, 2016).

Aliado ao uso de substâncias químicas, para incrementar a produtividade, estratégias, como a adoção de culturas alternativas, também, é uma opção ao produtor que busca utilizar uma agricultura sustentável pelos benefícios que a rotação de culturas proporciona, como utilizar, por exemplo, a cultura da canola. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2023), atualmente, a canola se consolida como a terceira oleaginosa de maior importância por sua utilização no sistema de produção, fonte oleaginosa e alta

rentabilidade ao produtor, ficando atrás da palma e da soja. Por ser típica de regiões temperadas, seu cultivo é indicado para regiões de latitudes superiores a 35°S. No entanto estudos realizados por Guimarães *et al.* (2020), Nobre *et al.* (2021) e Tomm *et al.* (2008), indicam potencial de cultivo, em latitudes mais baixas, considerando altitudes acima de 600m. Além de ser uma cultura com elevado teor de óleo no grão, entre 35 e 48%, é uma opção de cultivo na entressafra, no sistema de rotação de culturas, auxiliando na proteção e recuperação de solos compactados, quebra de ciclo de doenças no cultivo soja/milho (KRÜGER *et al.*, 2011). Tendo em vista a tropicalização da canola, a fim de expandir seu cultivo para o cerrado brasileiro, faz-se necessário a busca por híbridos de melhor adaptação, para as condições de cultivo dessa região, bem como entender a melhor época de semeadura para alcançar elevadas produtividades.

Diante deste cenário, em que se busca a validação de resultados e respostas, quanto a incrementos em produtividades das culturas oleaginosas, como a soja e a canola, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de herbicidas e outros reguladores de crescimento, aplicados em diferentes doses e épocas na soja BRX Desafio RR, sob diferentes densidades de semeadura, além de avaliar o desempenho agrônômico de híbridos de canola nas condições de cultivo na mesorregião do Campo das Vertentes, MG.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais sobre a cultura da soja

A cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) está entre as plantas mais antigas utilizadas pelo homem, cultivada no Oriente Médio a mais de 5.000 anos antes de Cristo. Relatos apontam sua origem e domesticação na região Norte da China (HYMOWITZ, 2004). Em meados do ano de 1882, ocorreram os primeiros relatos de pesquisa com a cultura da soja no Brasil, no estado da Bahia, com cultivares vindas dos EUA; já no ano de 1891, resultados foram obtidos no Instituto Agrônomo de Campinas em cultivares selecionadas e domesticadas no Brasil (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015; SOARES, 2017).

A soja é uma planta herbácea, inclusa na classe Magnoliopsida, família Fabaceae, gênero *Glycine* L., possui sistema radicular pivotante e elevada quantidade de raízes secundárias, as quais, ao terem contato com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, são as principais responsáveis por auxiliar na fixação biológica de nitrogênio atmosférico por meio de nódulos formados pelas bactérias benéficas. As flores são dispostas em racemos axilares e/ou terminais, cada inflorescência apresenta de oito a 16 flores, que, posteriormente, transformam-se em frutos do tipo vagens. Apresenta três tipos principais de folhas, as cotiledonares, as unifoliadas que surgem no primeiro nó acima das folhas cotiledonares e as trifoliadas que são dispostas de forma alternada tanto nas ramificações como na haste principal (SEDIYAMA, 2016).

A planta de soja possui metabolismo do tipo C3, o que faz com que ela tenha uma menor eficiência na conversão de CO₂ quando comparada às plantas de ciclo fotossintético C4. Em condições favoráveis à planta, sem nenhum tipo de estresse, aumenta-se a concentração de CO₂ na folha, estimulando a atividade da carboxilase da RuBisCo. Entretanto, quando a planta é estressada, ocorre o fechamento dos estômatos, diminuindo a entrada de CO₂ e elevando a concentração de O₂ na folha, estimulando assim a atividade da oxidase da RuBisCo, o que diminui a eficiência fotossintética, importante mecanismo de defesa para que, em condições de estresse, a fotossíntese não diminua (TAIZ *et al.*, 2017).

O desenvolvimento de plantas de soja é influenciado por inúmeros fatores ambientais, entre os quais, umidade, temperatura, latitude e, principalmente, o fotoperíodo, possuem destaque (MOTTA *et al.*, 2000). O fotoperíodo e a latitude influenciam diretamente no florescimento e duração do ciclo da cultura da soja. Assim, quanto maior a exposição das plantas a fotoperíodos curtos, ou seja, dias curtos e noites longas, mais precoce será o

florescimento, levando a planta a apresentar alterações, em sua morfologia e arquitetura, como redução do porte, por exemplo (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015). Após anos dedicados ao melhoramento genético, hoje em dia o Brasil consta com materiais genéticos modernos que atendem as mais distintas variações ambientais e genéticas, mantendo o elevado potencial produtivo, sendo uma das principais commodities produzida no país.

No Brasil, a cultura da soja representa uma parte significativa da economia e no agronegócio, sendo responsável por mais de 50% da área cultivada com grãos no país. De acordo com estimativas da CONAB (2023), a área cultivada com soja, na safra 22/23, terá um acréscimo de 4% em relação à passada, totalizando mais de 43 milhões de hectares cultivados, com produtividade estimada em 3550 kg há⁻¹ e produção de 153 milhões de toneladas do grão.

2.2 Principais desafios da sojicultura brasileira e estratégias para incrementar a produtividade de grãos

Entre os principais desafios para a produção de soja, atualmente, pode-se listar os de ordem fitossanitária (controle de doenças, pragas e biótipos de plantas daninhas resistentes), de manejo do solo, de tolerância à seca e incremento em produtividade. Dessa forma, os sojicultores buscam utilizar tecnologias disponíveis, para auxiliar na produtividade de grãos, por exemplo, utilizar cultivares modernas com elevado potencial produtivo que são estáveis e difundidas, nas mais diversas regiões do Brasil, porém alguns problemas, como o crescimento excessivo, o acamamento e o auto sombreamento da cultura, podem atrapalhar seu potencial de rendimento. Esse comportamento acontece, principalmente, em locais com elevada altitude (acima de 700m), uma vez que a cultura é altamente responsiva às condições climáticas e geográficas do local de cultivo (MATOS *et al.*, 2021).

Com o objetivo de contornar esse cenário, produtores passaram a utilizar estratégias no manejo que visam controlar o crescimento das plantas, utilizando herbicidas ou reguladores de crescimento para reduzir o porte do dossel, o acamamento e o auto sombreamento de cultivares de soja (FOLONI *et al.*, 2016). O acamamento de plantas provoca perdas significativas no rendimento de grãos da cultura da soja e, por isso, estratégias de manejo, para minimizar o acamamento, são de fundamental importância na agricultura atual (BUZZELLO *et al.*, 2013).

Outra alternativa, para se obter plantas com porte reduzido conciliado a elevadas produtividades, é o manejo da densidade de plantas por hectare, isso é possível, pois, entre as características presentes na cultura da soja, pode-se destacar a elevada plasticidade, ou seja, as plantas possuem capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, modificando

sua morfologia a fim de se adequar ao espaço disponível imposto pelo sistema de cultivo (PIRES *et al.*, 2000). Porém essa característica faz com que produtores tenham uma percepção equivocada da existência de uma ampla faixa de populações que possa ser utilizada sem que haja interferência na produtividade de grãos (LUDWIG *et al.*, 2011). Assim, o manejo populacional, a depender da cultivar e ambiente de produção, vem a ser uma das estratégias a se utilizar visando ao incremento em produtividade de grãos de soja, da mesma forma que utilizar herbicidas em subdoses, visando à quebra de dominância apical. O uso dessas estratégias possibilitaria aumento no número de ramos laterais e também redução na altura, o que, conseqüentemente, poderia reduzir o acamamento de plantas (SOARES, 2014). No entanto faltam estudos para as diferentes condições edafoclimáticas brasileiras.

Uma terceira opção seria introduzir plantas que quebram o ciclo de pragas e doenças nas culturas da soja e milho que são usualmente utilizadas no sistema de produção, a exemplo da canola. No Brasil, o cultivo da canola ainda não se consolidou totalmente por ser típica de regiões temperadas e seu cultivo ser indicado para regiões de latitudes entre 35° e 55°. Entretanto estudos demonstraram que essa oleaginosa possui potencial para ser produzida no território brasileiro, tendo ainda a vantagem de se adequar como cultura de safrinha nos sistemas de rotação de culturas em diferentes regiões do país (PANOZZO *et al.*, 2014; TOMM *et al.*, 2008; TOMM; SMIDERLE; RAPOSO, 2012).

2.3 Manejo da população de plantas visando a incrementos em produtividade na cultura da soja

A produtividade de uma cultura é definida pela interação entre genótipo, o ambiente de produção e o manejo (RAMOS JUNIOR; RAMOS; BULHÕES, 2019). Várias técnicas de manejo são empregadas, para se atingir elevadas produtividades em uma lavoura comercial de soja, além de se contar com o clima favorável. Destacam-se, entre essas técnicas, o controle fitossanitário de doenças, plantas daninhas e insetos, o preparo do solo, a seleção de cultivares adaptadas para a região, o emprego eficaz de fertilizantes e corretivos, o uso de sementes de qualidade e o arranjo espacial de plantas (CRUZ *et al.*, 2016).

Nos últimos anos, o avanço de diversas tecnologias no manejo da soja, como o desenvolvimento de cultivares de maior porte e o aumento na capacidade produtiva do solo, contribuíram para a redução da população de plantas, que, em meados de 1980, era de 400 mil plantas ha⁻¹, permitindo-se utilizar 300 mil plantas ha⁻¹ (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013). A densidade de semeadura é amplamente

estudada, em relação à cultura da soja, visando definir a melhor população de plantas para cada tipo de cultivar disponível. Dessa forma, ela pode afetar expressivamente a velocidade de fechamento entre linhas, a arquitetura das plantas, a severidade de doenças, o acamamento e a produtividade da cultura, pois o arranjo afeta a competição intraespecífica e, por conseguinte, a quantidade disponível de recursos como água, luz e nutrientes para o desenvolvimento da planta (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001).

A soja apresenta alta plasticidade quanto à resposta ao arranjo espacial de plantas, alterando o número de ramificações, de vagens e de grãos por planta, bem como o diâmetro do caule, de forma inversamente proporcional à variação na população de plantas (EMBRAPA, 2013). Nos experimentos de Peixoto *et al.* (2000) e Tourino, Rezende e Salvador (2002), a densidade de plantas apresentou efeito significativo sobre o número de vagens por planta. O aumento da densidade gerou decréscimo no número de vagens por planta. Em menores densidades, a produção por planta aumenta, haja vista a capacidade de a soja ajustar seus componentes de produção. Assim, em menores densidades, as plantas produzem mais vagens, o que pode levar à maior produtividade. Perante condições de menor densidade, a tendência é que as plantas elevem o número de componentes de produção, de modo a compensar a produtividade de grãos. No entanto deve-se levar em conta que espaços vazios deixados na linha podem ocasionar o desenvolvimento de plantas daninhas e levar ao estabelecimento de plantas de soja com porte reduzido (VAZ BISNETA, 2015). Ainda, de acordo com Peixoto *et al.* (2000), em relação à produtividade, a soja responde menos à população de plantas pela capacidade de compensação no uso do espaço entre as plantas. Ou seja, a soja tolera ampla variação, na população de plantas, alterando mais a sua morfologia que o rendimento de grãos e o mesmo comportamento foi observado por Ribeiro *et al.* (2017).

2.4 Uso de herbicidas em subdose para alterar a arquitetura de plantas e seus componentes de produção

A arquitetura das plantas é definida por características como o número de ramificações, número e comprimento dos entrenós, estrutura e orientação das folhas. Tais componentes definem a forma, o tamanho e a geometria das plantas, podendo interferir na produtividade final de grãos (LI *et al.*, 2014). Estes componentes são determinados pela base genética das plantas e podem ser controlados pelas características do ambiente de produção, principalmente fotoperíodo, temperatura, intensidade luminosa e disponibilidade de água (MOTERLE *et al.*, 2011; VEASEY *et al.*, 2011). Algumas práticas agrônômicas podem ser utilizadas, para alterar

a arquitetura das plantas, como a data e densidade de semeadura além dos reguladores de crescimento (HUYGHE, 1998).

Entre os produtos capazes de alterar a arquitetura da planta estão os herbicidas e os hormônios vegetais. Um dos herbicidas mais utilizados, para alterar a arquitetura da soja, reduzindo o espaçamento dos entrenós, altura da haste principal e aumentando o número de ramificações, são os inibidores de PROTOX, os quais, por serem herbicidas de contato, causam danos às folhas e ao ápice da planta que cessa o crescimento vertical temporariamente (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Tal injúria modifica indiretamente a relação auxina/citocinina, já que, na ausência do herbicida, a auxina age inibindo a síntese e promovendo a degradação da citocinina e bloqueando assim o brotamento das gemas laterais.

O estudo proposto por Tanaka *et al.* (2006) apresenta a auxina sendo sintetizada no ápice do caule e transportada de forma polar e basípeta para os outros tecidos da planta e inibindo o desenvolvimento das gemas laterais. Isso ocorre, em razão da auxina inibir os genes da enzima IPT (isopentenil transferase) responsável por catalisar uma etapa limitante da biossíntese de citocininas na planta. Portanto a auxina, além de inibir a síntese de citocininas, também promove sua degradação que acaba reduzindo os níveis de citocinina na gema apical inibindo a divisão celular das gemas laterais. Por ser produzida no ápice da planta, local afetado pelo herbicida, a síntese de auxina diminui e a de citocinina é estimulada (TAIZ *et al.*, 2017). A enzima adenosina fosfato isopentenil transferase catalisa o primeiro passo da biossíntese das citocininas. Posteriormente, a citocinina é transportada para as gemas laterais e induz seu desenvolvimento formando ramificações. Em função disso, a aplicação de substâncias que induzem a maior concentração de citocinina, na gema apical das plantas, pode ser uma ferramenta para aumentar o número de ramificações e mudar arquitetura da planta. O efeito do herbicida em subdose é temporário e logo a planta recupera do dano e retoma a dominância apical, voltando a crescer em altura e desenvolvendo as brotações laterais agora estimuladas. Essas ramificações vão interferir diretamente no número de nós reprodutivos da planta que, por consequência, aumenta o número de vagens (OHYAMA *et al.*, 2013).

Gallon *et al.* (2016), usando dois herbicidas inibidores da PROTOX, lactofen (dose de 144 g ha^{-1}) e carfentrazone (doses de 6, 10 e 22 g ha^{-1}), para reduzir altura de planta e verificar o rendimento de grãos, constataram que ambos os herbicidas reduzem significativamente a altura das plantas, mas apenas o tratamento com lactofen obteve rendimento de grãos maior que o tratamento controle. Soares (2016), objetivando avaliar o efeito de herbicida lactofen sob os componentes de produção da soja, verificou aumento de produtividade nos tratamentos em que foram usados o herbicida quando comparado ao controle. Martins *et al.* (2021), ao estudar o

comportamento de diferentes cultivares de soja e o uso do lactofen (dose de 144 g ha⁻¹) em V6, constataram redução da altura de plantas e aumento da produtividade em cultivares tardias. Entretanto Heiffig *et al.* (2006) verificaram queda na produtividade, em relação ao controle, quando usou o mesmo herbicida na cultura da soja. A discrepância entre os resultados pode estar nas condições ambientais em que foram instalados os experimentos. Quando o estresse ambiental é de moderado a alto, os custos de metabólicos, para que a planta se recupere do dano causado pelo herbicida e do dano do estresse ambiental, é elevado e reflete na produção (PARSONS, 2003).

2.4.1 Inibidores da PROTOX - Lactofen

O lactofen é um herbicida do grupo difenil-éter. Seu mecanismo de ação é a inibição da protoporfirinogênio-IX oxidase (PROTOX), enzima que atua na biossíntese de porfirinas que posteriormente irão formar o grupo heme da molécula de clorofila. Essa inibição resulta em um acúmulo de protoporfirina-IX, como resultado da translocação do substrato da PROTOX (Protoporfirinogênio IX) para o citoplasma, seguido pela oxidação não enzimática ou por oxidases insensíveis ao herbicida, porém a nova molécula não pode voltar ao cloroplasto por sua natureza lipofílica (BARBERIS; TRINDADE; VELINI, 2009). Na presença de luz, a protoporfirina-IX acumulada é incapaz de ser utilizada, não se ligando ao Mg e Fe, deixando de formar o grupo heme e paralisando a produção de clorofila, além de reagir com O₂, formando oxigênio singlete, radical livre que causa danos à membrana plasmática, por meio da peroxidação de lipídeos, o que pode levar a célula à morte e provocar necroses no tecido foliar (ABE, 2018; CARVALHO; GONÇALVES NETTO, 2016; CATANEO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2017).

Além da elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROS), o lactofen reduz a concentração de açúcares solúveis, os quais desempenham papel fundamental na detoxificação dessas espécies (FERREIRA, 2011).

Mesmo em culturas tolerantes como a soja, cuja recomendação de bula é a aplicação até V4, na dose de 0,144 a 0,18 L/há i.a, a aplicação de lactofen causa um efeito indireto de fitotoxidez, que tem início logo após a aplicação do herbicida em pós-emergência (SOUZA *et al.*, 2002). Os sintomas aparecem nas folhas já desenvolvidas, no momento da aplicação e podem se manifestar na forma de cloroses, bronzeamentos, pontos ou tecidos necróticos, enrugamento dos trifólios ou enrugamento do bordo das folhas (TAYLOR, 1985; WICHERT; TALBERT, 1993).

2.4.2 Inibidores da ALS – Imazetapir

Os herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) pertencem a diversos grupos químicos, entre eles as imidazolinonas. O mecanismo de ação se dá pela inibição da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral sendo eles a leucina, isoleucina e valina (TRANEL; WRIGHT, 2002). A biossíntese desses aminoácidos tem em comum a enzima ALS, responsável pela fase inicial do processo catalisando uma reação de condensação. Reação essa que consiste na fusão de duas moléculas de piruvato, originando o acetolactato ou condensando uma molécula de piruvato com uma molécula de 2-cetobutirato, gerando uma molécula de 2-aceto-2-hidroxi-butirato, sendo o primeiro passo para a biossíntese do aminoácido isoleucina (CHRISTOFFOLETI; NICOLAI, 2016). A partir desses produtos, ocorrem três catalizações, pelas enzimas aceto-hidroxiácido isômero reductase (KARI), di-hidroxiácido de-hidratase e aminotransferase que resultam em valina e isoleucina. Para a conversão da valina 2-ceto-isovalerato, ocorre ainda uma série de quatro reações que utilizam as enzimas 2-isopropilimalato sintase, isopropilimalato isomerase, desidrogenase e aminotransferase. Os herbicidas inibidores da ALS impedem que essas reações de condensação aconteçam, o que bloqueia a produção de aminoácidos alifáticos de cadeia lateral.

Quando o herbicida está dentro da célula da planta susceptível, ele inibe a formação de acetolactato, indispensável para a produção dos aminoácidos (MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008). Isso faz com que a divisão celular seja interrompida paralisando o crescimento da planta. Poucos dias após a aplicação, a planta apresenta clorose nas folhas novas e posterior necrose dos tecidos.

2.4.3 Mimetizadores de auxina – 2,4 D

A atuação dessa classe de herbicidas nas plantas tem sido controversa, principalmente quanto ao receptor Auxin Binding Protein (ABP1). Entretanto verifica-se que a atuação das auxinas, na membrana plasmática, induz a ativação da proteína cinase TMK, na membrana plasmática responsável por codificar o acionamento de uma proteína G, denominada RAC/ROP GTPase. De acordo com Berken e Wittinghofer (2008), as proteínas G exercem um papel-chave na transdução de sinal nas células eucarióticas, logo as proteínas RAC/ROP são proteínas G específicas de plantas. Suas funções estão relacionadas à coordenação espacial das células vegetais, na organização do citoesqueleto, articulando a disposição dos filamentos de actina e microtúbulos, que são estruturas que atuam como os “pilares de sustentação” das células. A

superativação desse mecanismo pelos herbicidas mimetizadores de auxina modifica os padrões do citoesqueleto, levando à menor atividade dos lisossomos e da mitocôndria, responsáveis pela regulação dos oxidantes no citosol (FIQUEIREDO, 2015).

Supõe-se que essa atuação do herbicida sobre as estruturas do citoesqueleto de actina seja responsável pelo sintoma de epinastia das folhas. Durante a transcrição dos vários RNA mensageiros produzidos, dois deles têm papel importante no efeito do herbicida, sendo eles o NCED-mRNA, responsável por induzir a biossíntese de ácido abscísico (ABA) e o ACS-mRNA, que induz a síntese do etileno. A produção desregulada desses hormônios leva à produção em larga escala de espécies reativas oxigênio (ERO) que altera o estado redox intracelular e extracelular. A ação dessas EROs causa uma desorganização na parede celular, pela desidratação da matriz e saturação da parede, que a torna endurecida e reduz o crescimento celular (PEREIRA *et al.*, 2011). A perda de estrutura da parede celular facilita que as ERO sejam capazes de penetrar na membrana plasmática e interagir com os fosfolípidios, resultando na instauração dos lipídeos da membrana plástica, o extravasamento do citosol e, posteriormente, morte celular.

2.4.4 Grain set

O bioestimulante Grain set[®] é um produto comercial da Empresa Alltech (ALLTECH, 2023) e, segundo a empresa, é formulado, a partir de extratos vegetais e nutrientes, complexado por aminoácidos, sendo constituído de 1% de enxofre + 0,8% de manganês + 1,2% de zinco), atuando no melhor desempenho e desenvolvimento da planta, auxiliando na catalisação de reações metabólicas e disponibilizando nutrientes que auxiliam em processos fisiológicos como a fotossíntese. É recomendado para aumentar a massa de grãos, estimular crescimento e engalhamento das plantas.

2.5 Aspectos gerais sobre a cultura da canola

A canola (*Brassica napus* L. var. *oleífera*) é uma espécie vegetal pertencente à família botânica Brassicaceae, da qual também fazem parte outras culturas amplamente produzidas, como repolho e couve (CRONQUIST, 1981). É considerada como uma cultura oleaginosa, por acumular elevado teor de lipídeos em seus grãos/sementes (NOGUEIRA *et al.*, 2017). É uma planta herbácea anual, com raiz pivotante. Haste ereta, ascendente e ramificada, chegando a alcançar uma altura de 0,5 a 1,5 metros. A floração ocorre antes, nas gemas inferiores,

apresentando taxa de fecundação cruzada em torno dos 20%. Seu fruto é uma siliqua (capsular), que apresenta deiscência, e as sementes, quando maduras, caem com facilidade (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2011).

De acordo com Tomm (2007), a cultura da canola destaca-se por suas qualidades nutricionais, o óleo produzido, a partir dos grãos, possui uma excelente composição de ácidos graxos, possui tolerância à seca e apresenta-se como alternativa no sistema de rotação com culturas como a soja e o milho, conforme estudos que vêm sendo desenvolvidos na região central do Brasil. Por ser típica de regiões temperadas, seu cultivo é indicado para regiões de latitudes superiores a 35 ° S. No entanto estudos prévios realizados por Tomm *et al.* (2008) indicaram que existe potencial para cultivo, em latitudes mais baixas, desde que sejam considerados 600 m de altitude. Essa possibilidade gerou o termo tropicalização da canola, uma iniciativa de expansão das áreas de cultivo da cultura para regiões subtropicais como as do cerrado mineiro. Nesse potencial cenário de expansão, ainda, são necessárias a definição de épocas de semeadura e a avaliação do desempenho de materiais comerciais já disponíveis, bem como de linhagens de canola.

O nome canola deriva da abreviação do termo em inglês “Canadian Oil Low Acid”, que se refere a uma espécie que produz óleo com baixos teores de ácido erúico (menos de 2% por grama de matéria seca da semente) e de glucosinolatos (menos de 30 micromoles por grama de matéria seca da semente) (THOMAS, 2003). Essas baixas concentrações de ácidos se devem ao processo de melhoramento da colza (*Brassica napus*), que, por sua vez, advém do cruzamento entre espécies diferentes, mostarda (*Brassica rapa* L., syn. *campestris*) e repolho selvagem (*Brassica oleracea* L.), ocorrido de forma espontânea na natureza.

Entre os óleos vegetais, o óleo de canola destaca-se como um dos melhores e mais saudáveis para o consumo humano, pois apresenta elevado teor de ômega-3 (reduz triglicerídeos e controla arteriosclerose) e vitamina E (antioxidante). Em relação à composição de ácidos graxos, possui o maior teor de gorduras monoinsaturadas e menor teor de gorduras saturadas, o que ajuda a controlar o colesterol de baixa densidade (IRIARTE; VALETTI; APPELLA, 2008). Embora ainda pouco consumido no mercado brasileiro, em comparação a outros óleos vegetais, o óleo de canola está incorporado à culinária europeia e norte americana (TOMM *et al.*, 2009a). Ao se cultivar canola, em um sistema agrícola, agrega-se a possibilidade de produzir óleo vegetal, em época do ano distinta a de cultivo de outra espécie oleaginosa de grande importância, que é a soja (KRUGER *et al.*, 2011; TOMM *et al.*, 2009b).

A rotação de cultura da canola com o trigo, na safra de inverno, proporciona a utilização de herbicidas diferentes, controlando com mais eficiência as plantas daninhas, além de quebrar

o ciclo de doenças que causam grandes prejuízos à produção tritícola. Pode trazer benefícios à sucessão de cultura com milho e soja, deixando uma palhada que ajuda a suprimir a emergência de plantas daninhas, além de disponibilizar boa quantidade de nitrogênio no solo com a decomposição dos restos culturais que ficam após a colheita da canola (TOMM, 2007). Ao se cultivar canola, otimiza-se a utilização dos meios de produção, visto que a terra, as máquinas e a mão de obra, que se encontrariam possivelmente ociosas durante o período de inverno, estarão gerando renda para a propriedade e para o agronegócio (MILCIADES *et al.*, 2014).

Outro benefício que o cultivo da canola pode proporcionar ao agricultor é a produção de mel, mediante a instalação de colmeias nas proximidades da lavoura, as quais irão se beneficiar da floração abundante da canola e, em contrapartida, irão ajudar em sua polinização, estabelecendo uma relação de ganho para ambas as atividades produtivas (CARMO *et al.*, 2017; MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2017).

2.6 Aspectos econômicos da cultura da canola

A canola ocupa o terceiro lugar na classificação das três principais oleaginosas do mundo ficando atrás do óleo de palma e soja (USDA, 2023). Seu óleo recebe destaque, no mercado alimentício (FRIEDT *et al.*, 2018), no qual pode ser considerado um importante alimento funcional, caracterizado por ser rico em ácidos graxos ômega-6 e ômega-3 (KRISHNA, 2013). Mundialmente, o consumo de óleos vegetais continua a crescer, especialmente na China, com a maior população do mundo. Assim, é de grande importância o desenvolvimento da produção de canola, garantindo o suprimento de óleo comestível e atendendo as necessidades dos consumidores (FRIEDT *et al.*, 2018).

No Brasil, na safra 2022, foram produzidas 96,2 mil toneladas de grãos, em uma área de 55,2 mil hectares, uma produção 75% maior que no ano de 2021, com produtividade média de 1743 kg ha⁻¹, pois a maior produção de grãos dessa oleaginosa está concentrada na região Sul do país, nos estados do Rio Grande do Sul (95 mil toneladas) e do Paraná (1,2 mil toneladas) (CONAB, 2023). Destaca-se que há potencial para o aumento dessas produtividades (VALE *et al.*, 2012), especialmente com a atual expansão do cultivo de canola da região Sul do Brasil para o Sudoeste de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul (TOMM *et al.*, 2010; VALE *et al.*, 2012), por ser considerada uma ótima opção econômica, para os produtores e, ainda, por ser um produto disputado no mercado brasileiro e europeu por sua utilização na indústria de óleos (SEABRA JÚNIOR *et al.*, 2017).

Desde 1961, em um cenário mundial, a produção de canola voltada para o óleo tem aumentado em uma taxa de 5,4% ao ano e, atualmente, a produção totaliza um volume de aproximadamente 71 milhões de toneladas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAOSTAT, 2023). O aumento da produção de canola, durante os últimos anos, deve-se, em parte, à melhoria das variedades mais produtivas, que são mais resistentes a doenças e aos aperfeiçoamentos no seu manejo (HEGEWALD *et al.*, 2018). No entanto o resultado primário está associado à expansão da área cultivada da canola. Globalmente, a área de cultivo dessa oleaginosa quase dobrou desde 1990 e, atualmente, representa uma área total de 36 milhões de hectares (FAOSTAT, 2023). As pesquisas e o cultivo da canola no Brasil foram iniciados na década de 70, no Noroeste do Rio Grande do Sul, alcançando o Paraná nos anos 80 (MORI; TOMM; FERREIRA, 2014). A partir de 2001, houve nova expansão da área de cultivo comercial de canola, sobretudo, nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, chegando à região Sudoeste de Goiás, em 2003 (TOMM *et al.*, 2004). Apresenta potencial no Cerrado Brasileiro, uma vez que alcança produtividades acima da média nacional (LAVIOLA *et al.*, 2019).

A área total mundial de canola compreende 34,88 milhões de hectares, sendo a China com 14,7 milhões de hectares, Canadá com 13,7 milhões de hectares e a Índia com 10,2 milhões de hectares (FAOSTAT, 2023). Segundo dados da CONAB (2023), a área cultivada da canola no Brasil tem em torno de 55,2 mil hectares; e a produção, aproximadamente, 96 mil toneladas na safra de 2022, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul, que é responsável por mais de 90% da área cultivada e da produção total do grão.

A canola no Brasil constitui excelente opção, tanto para a alimentação humana quanto para a produção de biocombustíveis, sendo possível também sua inserção em programas de rotação de culturas, com semeadura da canola no outono-inverno (semeadura entre 15 de abril a 30 de junho no Rio Grande do Sul) ou na safrinha (semeadura em fevereiro a março) na região Centro-Oeste (TOMM, 2005, 2006). Outra vantagem é que, por apresentar ciclo curto, a canola pode se beneficiar do período final das chuvas, diminuindo, assim, sua necessidade por instalações de sistemas de irrigação. Dessa forma, a proporção da canola em rotações de cultura aumentou, consideravelmente, nas últimas décadas e programas de rotação mais curtos foram relatados pela maioria dos principais países produtores (HEGEWALD *et al.*, 2016). Os benefícios das rotações de culturas, como proteção dos recursos hídricos e produtividade do sistema, são descritos extensivamente por Karlen *et al.* (1994). Esses efeitos positivos estão relacionados, principalmente, à melhor disponibilidade de nitrogênio e redução de sua perda, melhorando o fornecimento de nutrientes, otimizando o uso da água, controle de doenças, ervas

daninhas e pragas de insetos, bem como controle de funções alelopáticas (BORKERT *et al.*, 2003; HAY; RUSSEL; EDWARDS, 2000; HEGEWALD *et al.*, 2018; LARKIN; LYNCH, 2018; REIS; CASA; BIANCHIN, 2011).

A falta de investimentos em pesquisa, no Brasil, dificulta a expansão do cultivo dessa oleaginosa no país, observando-se a necessidade de identificar épocas de semeadura, para regiões com maior altitude, ajuste de tecnologias de manejo, uso de fertilizantes, produção de tecnologia visando reduzir perdas na colheita, o que poderá contribuir decisivamente para o aumento da rentabilidade da cultura (TOMM, 2007). E, ainda, para que seja possível expandir o cultivo de canola, é necessário o desenvolvimento de novos híbridos adaptados a condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro.

2.7 Perspectivas e desafios para a introdução e produção da cultura canola no sistema de produção de grãos

Produtores vem buscando cada dia mais diferentes formas de agregar o sistema de produção de grãos e a rotação de culturas é uma delas. No Brasil, a cultura da canola pode integrar diferentes sistemas de produção de grãos, contando com zoneamento agrícola para a Região Sul, principal região produtora de canola, bem como para os estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás. É uma boa opção, para ser utilizada na rotação de culturas, melhorando o solo, em virtude de seu sistema radicular profundo, diminuindo a incidência de doenças no trigo e outras culturas e reduzindo a dependência de defensivos (LAVIOLA *et al.*, 2019).

O cultivo da canola também conta com diversos atrativos, como o valor pago pelos grãos que acompanha o preço da soja-balcão, historicamente atrativo para os produtores; a cultura é semeada no outono/inverno nas regiões frias ou como safrinha nas demais regiões, de modo que permite o aumento da densidade de produção de óleos vegetais no Brasil e não interfere na área de cultivo da principal oleaginosa produtora de óleo no País, a soja. Entretanto, apesar dessas potencialidades, a área média cultivada com canola, nos últimos cinco anos, foi de 46 mil hectares, o que resulta em reduzida oferta de grãos, com implicações na viabilidade dos custos operacionais das indústrias de óleo e biodiesel, com reflexos na oferta regular do farelo e comprometimento de toda a cadeia de produtos, formação de preço e de canais de comercialização estáveis. Tal cenário gera insegurança para o produtor, na tomada de decisão para o cultivo da canola.

Entre os principais entraves, para o crescimento da canola do Brasil, está a necessidade de mais pesquisas sobre as respostas dos genótipos introduzidos no País quanto à variabilidade

do clima, nos diversos ambientes produtivos, bem como a ausência de programas de melhoramento e a produção de sementes no Brasil. A expansão da área de canola no Brasil depende da elevação do rendimento de grãos da canola, atualmente limitada com médias em torno de 1743 kg ha^{-1} na safra 2022 (CONAB, 2023), valores esses muito abaixo do potencial de rendimento de grãos dos genótipos em uso atualmente. Há necessidade de se desenvolver pesquisas focadas no estudo do melhor posicionamento dos genótipos, em cada sistema de produção de grãos, nos diferentes ambientes produtivos. A cultura da canola tem potencial de complementar a produção de óleos vegetais no Brasil e suprir as demandas futuras do mercado nacional.

Para os pesquisadores da Embrapa Agroenergia, Bruno Laviola e Alexandre Cardoso, a maior fragilidade da cultura da canola é que, na prática, quase a totalidade do seu cultivo ocorre com base na importação de sementes. Para que ocorra a expansão da cultura da canola, de modo consistente e em longo prazo, é fundamental o desenvolvimento de genótipos de canola nas condições edafoclimáticas nacionais e a produção das sementes no Brasil. Em parceria com a Embrapa Trigo, estão em andamento projetos de pesquisa, para a caracterização do germoplasma de canola, junto com ações voltadas à maior diversidade de material genético disponível no Brasil (LAVIOLA *et al.*, 2019).

Outro fator são as condições climáticas que têm influenciado a adaptação da canola no clima subtropical brasileiro. Eventos como excesso de chuva na semeadura ou na colheita, estiagem no período vegetativo e geada durante o florescimento são responsáveis pela baixa produtividade de inúmeras safras, especialmente na Região Sul. Pesquisas estão em andamento, buscando compreender melhor o processo de interação genótipo-ambiente capaz de estabelecer lavouras de canola com menor impacto das adversidades climáticas, relacionados ao melhoramento genético e manejo nas lavouras.

Em 2018, as matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil foram basicamente óleo de soja (69,8%) e gordura animal (16,2%), sendo o restante (13,9%) composto de óleo de algodão, palma, amendoim, nabo-forrageiro, girassol, mamona, sésamo, canola, milho, óleo de fritura usado e outros materiais graxos (BRASIL, 2020). Embora existam fontes alternativas muito promissoras, em termos de rendimento de óleo, a soja é uma realidade concreta, no que diz respeito à estrutura de processamento, escala de produção e domínio tecnológico, o que lhe confere vantagem comparativa para atender demandas futuras do mercado de biodiesel. Estima-se um aumento na produção nacional de soja, para o ano de 2040 de 117%, porém a demanda para exportação deverá subir acima desse percentual (GUIDUCCI *et al.*, 2020). Ao mesmo tempo, a ampliação da mistura de biodiesel no diesel em porcentagens

superiores a 15% até 2030 deverá reforçar a procura por alternativas de diversificação de biomassas na matriz energética do biodiesel (SOUZA *et al.*, 2017).

Nesse cenário, o processo de tropicalização da canola configura-se como uma ação inovadora e estratégica, para alavancar a escala de produção nacional de grãos, com a expansão para a região Centro-Oeste, atendendo, em grande medida, a demanda de diversificação de matérias-primas para a produção de óleo vegetal e biodiesel no Brasil. Considerando a extensa área cultivada com milho e soja, nas regiões Sul e Centro-Oeste do Brasil, é possível expandir a produção de híbridos tropicalizados de canola, como segunda safra nesses locais. Trata-se de uma alternativa que pode otimizar a infraestrutura já instalada, atendendo a crescente demanda de alimentos e energia renovável, além de conter a expansão das áreas agrícolas e os impactos ambientais associados (LAVIOLA *et al.*, 2019). A canola, por ser colhida no início da entressafra da soja, poderia beneficiar a competitividade das agroindústrias, ao prolongar o período de processamento das unidades em funcionamento.

REFERÊNCIAS

- ABE, J. Flumioxazin metabolism in pregnant animals and cell-based protoporphyrinogen IX oxidase (PPO) inhibition assay of fetal metabolites in various animal species to elucidate the mechanism of the rat-specific developmental toxicity. **Toxicology and Applied Pharmacology**, New York, v. 339, p. 34-41, 2018.
- ALLTECH. **Grain-set**. Disponível em: <https://www.alltech.com/pt-br/crop-science/performance/grain-set>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. **The biology of *Brassica napus* L. (canola)**. Canberra: Department of Health and Ageing, 2011. v. 2.
- BARBERIS, L. R. M.; TRINDADE, M. L. B.; VELINI, E. D. Seleção de genótipos de cana-de-açúcar para acúmulo de protoporfirina IX com uso de herbicidas inibidores da PROTOX. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 4, p. 809-814, 2009.
- BERKEN, A.; WITTINGHOFER, A. Structure and function of Rhotype molecular switches in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 46, p. 380-393, 2008.
- BORKERT, C. M. *et al.* Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 1, p. 143-153, jan. 2003.
- BRASIL. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2019**. Brasília, DF: ANP, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2019>. Acesso em: 6 jan. 2023.
- BUZZELLO, G. L. *et al.* Action of auxin inhibitors on growth and grain yield of soybean. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 5, p. 621-628, 2013.
- CARMO, D. G. do *et al.* Toxicidade de inseticidas comerciais, por ação de contato, para *Apis mellifera*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 2017, Passo Fundo. **Anais [...]**. Passo Fundo, 2017. p. 145-148.
- CARVALHO, S. J. P.; GONÇALVES NETTO, A. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da PROTOX (grupo E). In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4. ed. Paulínia: HRAC-BR, 2016. cap. 9, p. 151-164.
- CATANEO, A. C. *et al.* Atividade de superóxido dismutase em plantas de soja (*Glycine max* L.) cultivadas sob estresse oxidativo causado por herbicida. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 4, n. 2, p. 27-32, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4. ed. Paulínia: HRAC-BR, 2016.

COMITÊ ESTRATÉGICO SOJA BRASIL. **Cases campeões**. 2022. Disponível em: <https://www.cesbrasil.org.br/category/cases-campeoes/>. Acesso em: 1 fev. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim safra grãos 2023**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 5 jan. 2023.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981.

CRUZ, S. C. S. *et al.* Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil. Londrina: Embrapa, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FIQUEIREDO, M. R. A. **Interação entre os herbicidas 2,4-D e glifosato**: aspectos químicos, bioquímicos e fisiológicos. 2015. 114 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

FOLONI, J. S. S. *et al.* Lactofen e etefon como reguladores de crescimento de cultivares de soja. *In*: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 35., 2016, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: Embrapa, 2016. p. 42-45.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Culturas e produtos agropecuários**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 10 fev. 2023.

FRIEDT, W. *et al.* Academic and economic importance of *Brassica napus* Rapeseed. *In*: LIU, S.; SNOWDON, R.; CHALHOUB, B. (ed.). **The Brassica Napus Genome**. New York: Springer, 2018. p. 1-20.

GALLON, M. *et al.* Ação de herbicidas inibidores da PROTOX sobre o desenvolvimento, acamamento e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 15, n. 3, p. 232-240, 2016.

GUIDUCCI, R. *et al.* Tropicalização da canola (*Brassica napus* L.) e inserção na cadeia produtiva de óleo vegetal: análise de cenário. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 58., 2020, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: UNIOESTE, 2020.

GUIMARÃES, C. G. *et al.* Canola no Cerrado: performance de híbridos para incorporação no sistema de cultivo sob irrigação. *In*: ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA

EMBRAPA AGROENERGIA, 6., 2020, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 44-48.

HAY, R. K. M.; RUSSELL, G.; EDWARDS, T. W. **Crop production in the East of Scotland**. Edinburgh: SASA, 2000.

HEGEWALD, H. *et al.* Impacts of break crops and crop rotations on oilseed rape productivity: a review. **European Journal of Agronomy**, London, v. 101, p. 63-77, 2018.

HEGEWALD, H. *et al.* Impacts of high intensity crop rotation and N management on oilseed rape productivity in Germany. **Crop and Pasture Science**, Collingwood, v. 67, p. 439-449, 2016.

HEIFFIG, L. S. *et al.* Fechamento e índice de área foliar na cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HUYGHE, C. Genetics and genetic modifications of plant architecture in grain legumes: a review. **Agronomie**, Paris, v. 18, p. 381-411, 1998.

HYMOWITZ, T. Speciation and cytogenetics. *In*: BOERMA, H. R. *et al.* (ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 2004. p. 97-136.

IRIARTE, L. B.; VALETTI, O. E.; APPELLA, C. **Descripción de la planta cultivo de la Colza**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária, 2008.

KARLEN, D. L. *et al.* Long-term tillage effects on soil quality. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 32, p. 313-327, 1994.

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

KRUGER, C. A. M. B. *et al.* Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1448-1453, 2011.

LARKIN, R.; LYNCH, R. Use and effects of different Brassica and other rotation crops on soilborne diseases and yield of potato. **Horticulturae**, The Hague, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2018.

LAVIOLA, B. G. *et al.* **Performance de genótipos de canola nas condições de Cerrado**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2019. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECAE)).

LI, R. *et al.* Affects plant architecture by regulating local auxin biosynthesis. **PLoS Genetics**, San Francisco, v. 10, n. 1, p. 1-18, 2014.

LUDWIG, M. P. *et al.* Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup Ready TM. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 3, p. 305-313, 2011.

- MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008.
- MARSARO JÚNIOR, A. L. *et al.* **Diversidade de abelhas na cultura da canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2017. (Embrapa Trigo. Documentos online, 168).
- MARTINS, I. A. *et al.* Lactofen e cinetina na produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 50, p. 1-10, 2021.
- MATOS, F. S. A. *et al.* Aplicação de reguladores de crescimento em dois estádios de desenvolvimento no controle da altura do dossel das plantas na cultura da soja RR, no Sudoeste Goiano. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 9, p. 91661-91673, 2021.
- MILCIADES, A. M. A. *et al.* Características agrônômicas e teor de óleo de canola em função da época de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 934-938, 2014.
- 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. (Documentos online, 149).
- MOTTA, I. S. *et al.* Características agrônômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 153-162, 2000.
- MOTERLE, L. M. *et al.* Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 5, p. 651-660, 2011.
- NOBRE, A. L. *et al.* Tropicalização da canola (*Brassica napus* L.): híbridos comerciais apresentam potencial para cultivo no Cerrado brasileiro. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, Cuyo, v. 53, p. 20-26, 2021.
- 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.
- OHYAMA, T. *et al.* Soybean seed production and nitrogen nutrition. In: BOARD, J. E. **A comprehensive survey of international soybean research: genetics, physiology, agronomy and nitrogen relationships**. Rijeka: InTech, 2013. p. 115-157.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. São Paulo: Omnipax, 2011. cap. 7, p. 141-193.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/pt/>. Acesso em: 5 jan. 2023.

- 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**, Nairobi, v. 9, n. 32, p. 2488-2494, 2014.
- PARSONS, P. A. Metabolic efficiency in response to environmental agents predicts hormesis and invalidates the linear no-threshold premise: ionizing radiation as a case study. **Critical Reviews in Toxicology**, Boca Raton, v. 33, n. 3/4, p. 443-449, 2003.
- PEIXOTO, C. P. *et al.* Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I., componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89-96, 2000.
- PEREIRA, C. S. *et al.* Extension network formation in *Vitis vinifera* callus cells an essential and casual event in rapid and H₂O₂-induced reduction in primary cell wall hydration. **BMC Plant Biology**, London, v. 11, p. 106, 2011.
- PIRES, J. L. F. *et al.* Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, 2000.
- PONTES JÚNIOR, V. A. **Potencial genético e estabilidade de famílias de feijoeiro-comum obtidas por diferentes métodos de melhoramento**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.
- RAMOS JUNIOR, E. U.; RAMOS, E. M.; BULHÕES, C. C. Densidade de plantas nos componentes produtivos e produtividade de cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 17, n. 2, p. 51-56, 2019.
- REIS, E. M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, n. 3, p. 85-91, 2011.
- RIBEIRO, A. B. M. *et al.* Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 7, p. 1-8, 2017.
- ROSA, W. P. **Eficiência produtiva e deposição de produtos fitossanitários em cultivares de soja submetidas à aplicação de lactofen**. 2018. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo, 2018.
- SEABRA JÚNIOR, E. S. *et al.* 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.
- SEDIYAMA, T. **Produtividade da soja**. Ponta Grossa: Mecenias, 2016. 310 p.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BOREM, A. **Soja: do plantio à colheita**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- SILVA, G. S. *et al.* Sintomas de fitotoxicidade e crescimento de mudas de café submetidas aos herbicidas inibidores da PROTOX. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 290-296, 2017.

SOARES, J. N. **Caracterização fisiológica e responsividade de grupos de maturação da cultura da soja submetida a aplicação de bioestimulante**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

SOARES, L. H. **Alterações fisiológicas e fenométricas na cultura da soja devido ao uso de lactofen, cinetina, ácido salicílico e boro**. 2016. 172 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SOARES, L. H. **Manejo fisiológico com base em tratamento de sementes e aplicação de organominerais via foliar para sistemas de alto potencial produtivo de soja**. 2014. 130 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

SOUZA, D. T. *et al.* **Cenários sobre contribuição do biodiesel para ampliar a participação de biocombustíveis na matriz energética brasileira em 2030**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162254/1/DOC-22-CNPAAE.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.

SOUZA, R. T. *et al.* Seletividade de combinações de herbicidas latifolicidas com Lactofen para a cultura da soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 99-106, 2002.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TAYLOR, F. R. Today's herbicide: cobra postemergence herbicide shows promise for procedures and PPG. **Weed Today**, Ann Arbor, n. 16, p. 3, 1985.

TANAKA, M. *et al.* Auxin controls local cytokinin biosynthesis in the nodal stem in apical dominance. **The Plant Journal**, Oxford, v. 45, n. 6, p. 1028-1036, 2006.

THOMAS, P. **Canola grower's manual**. Winnipeg: Canola Council of Canada, 2003. 535 p.

TOMM, G. O. **Cultivo de canola**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (Embrapa Trigo. Sistemas de produção, 3).

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. (Sistema de Produção INFOTECA-E).

TOMM, G. O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 26).

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. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 65).

TOMM, G. O. *et al.* **Efeito de épocas de semeadura sobre o desempenho de genótipos de canola de ciclo precoce e médio.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento INFOTECA-E).

TOMM, G. O. *et al.* **Efeito de épocas de semeadura sobre o desempenho de genótipos de canola em Três de Maio, RS.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 11 p. (Circular Técnica, 17). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPT-2010/40356/1/p-ci17.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

TOMM, G. O. *et al.* **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009a. 27 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 118). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do118.htm. Acesso em: 10 jan. 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).

TOMM, G. O.; SMIDERLE, O.; RAPOSO, R. W. **Which is the lowest latitude for canola production?** Bento Gonçalves: Embrapa Trigo, 2012.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

TRANEL, P. J.; WRIGHT, T. R. Resistance off weeds to ALS inhibiting herbicides: what have we learned?: review. **Weed Science**, Ann Arbor, v. 50, n. 6, p. 700-712, 2002.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Oilseeds: world markets and trade.** Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

VALE, L. *et al.* **Complexo agroindustrial de biodiesel no Brasil: competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2012. 712 p.

VAZ BISNETA, M. **Influência do tipo de crescimento, época e densidade de semeadura em caracteres morfoagronômicos de cultivares de soja.** 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

VEASEY, E. A. *et al.* Processos evolutivos e a origem das plantas cultivadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1218-1228, 2011.

WICHERT, R. A.; TALBERT, R. E. Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) response to lactofen. **Weed Science**, Ann Arbor, v. 41, n. 1, p. 23-26, 1993.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

**ARTIGO 1 - ARQUITETURA DE PLANTAS DE SOJA E PRODUTIVIDADE EM
FUNÇÃO DE HERBICIDAS REGULADORES DE CRESCIMENTO**

Inara Alves Martins^{1*}
Silvino Guimarães Moreira
Guilherme Vieira Pimentel

**Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2018) e formatado de acordo com o
Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.**

¹ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, 37200-900, Lavras MG, Brasil.
* Autor para correspondência: Inara Alves Martins, e-mail: inara.martins@estudante.ufla.br

RESUMO

O aumento no consumo mundial de soja demanda o uso de novas tecnologias em seu sistema de produção. Um exemplo é a mudança de arquitetura da planta por meio da aplicação de substâncias reguladoras de crescimento. Em função da falta de respaldo científico quanto à essa prática, para as diferentes condições edafoclimáticas brasileiras, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de herbicidas, um bioestimulante, como reguladores de crescimento, aplicados em diferentes doses e épocas, combinadas com duas densidades de semeadura. O experimento foi conduzido, durante as safras 2019/20 e 2020/21, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agricultura da UFPA - Fazenda Muquém. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas principais constituídas por duas densidades de semeadura, 300 e 400 mil plantas ha⁻¹ (cultivar Brasmax Desafio RR). As subparcelas foram constituídas pelos potenciais reguladores de crescimento: 1- Lactofen em V4, na dose de 144 mL ha⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.); 2- Lactofen em V6, na dose de 144 mL ha⁻¹ de i.a.; 3- Lactofen em V4 (72 mL ha⁻¹ de i.a) + V6 (72 mL ha⁻¹ de i.a); 4- Corte mecânico das gemas apicais no estágio V6, 5- Grain set® em V4 (250 mL ha⁻¹) +V6 (250 mL ha⁻¹); 6- 2,4 D em V6, na dose de 50 mL ha⁻¹ de i.a.; 7- Imazetapir em V6, na dose de 300 mL ha⁻¹ de i.a.; e 8- Controle, sem aplicação de produto. Foram realizadas as avaliações de altura de plantas, número de nós na haste principal, número de nós nos ramos laterais, número de ramos por planta, número de legumes por planta e produtividade. A aplicação de lactofen, na dose de 144 g ha⁻¹ em V6, propiciou modificações nas características morfoagronômicas das cultivares estudadas; O uso de reguladores de crescimento resultou em incremento de produtividade na cultura da soja; baixas densidades de plantas proporcionaram incremento nos componentes de produção da cultivar Desafio RR.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Componentes de produção. Herbicidas. Dominância apical. Lactofen.

1 INTRODUÇÃO

A área cultivada e a produção de soja brasileira vêm aumentando ano a ano, consolidando o Brasil como o maior produtor mundial do grão. A produtividade média das últimas cinco safras foi de 3.355 kg ha⁻¹, mas com estimativa de um aumento de mais de 5% na safra 2022/23, comparada à média das últimas safras (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2023). O aumento de produtividade tem ocorrido, em virtude das melhorias no manejo fitotécnico da cultura, como também pelo uso de cultivares modernas de soja, ou seja, que possuam elevado potencial produtivo, como arquitetura de plantas favorável, proporcionando melhor entrada de luz, bem como um manejo com produtos fitossanitários mais eficazes (MÜLLER, 2017). Porém fatores como o crescimento excessivo, o acamamento e o autossombreamento da cultura ainda afetam a produtividade das cultivares que são utilizadas, uma vez que a falta de luz ocasiona alterações fisiológicas na planta que conseqüentemente levam ao abortamento de estruturas reprodutivas como as flores e legumes em desenvolvimento (GALLUCI, 2022; MÜLLER, 2017).

Procurando contornar esses fatores, produtores e pesquisadores buscam maneiras de incrementar a produtividade de grãos de soja, por meio de ferramentas, como o manejo da arquitetura de plantas, seja pelo uso de cultivares de porte ereto tolerantes ao acamamento, ou pelo emprego de substâncias químicas capazes de alterar o balanço hormonal da planta, como reguladores de crescimento ou herbicidas aplicados em subdoses. Essas substâncias visam interromper o crescimento em altura das plantas e induzir ramificações laterais, o que pode levar à maior formação de nós reprodutivos e, conseqüentemente, mais flores e vagens por planta (SILVA *et al.*, 2009; YANG *et al.*, 2021).

Em algumas pesquisas, foi demonstrado que é possível reduzir a altura, aumentar o engalhamento e a produtividade de grãos de soja, pelo uso de herbicidas e hormônios naturais que modificam o balanço citocinina/auxina das plantas (GALLON *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2021; ROSA, 2018; SOUZA *et al.*, 2013). Cabral (2019) observou incrementos em 15%, na produtividade de soja, ao utilizar 2,4 D e Imazetapir, em diferentes cultivares de soja, apontando alternativas de substâncias reguladoras de crescimento que podem ser utilizadas na soja, além da opção de se alterar a densidade populacional. Mendes (2019) testou seis populações de plantas para a cultivar M7110 IPRO e observou o aumento em produtividade com aumento de população, algo nem sempre observado para a soja em função da sua alta plasticidade (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2018; FERREIRA *et al.*, 2016).

Porém o efeito positivo, principalmente dos herbicidas, é questionado notoriamente para locais mais sujeitos a estresses ambientais (exemplo das regiões de baixas altitudes no Brasil), que, quando somados às injúrias nas plantas causadas pela ação do herbicida, como os inibidores da PROTOX, poderiam trazer redução no potencial produtivo da soja. Tais produtos causam danos no local, onde o princípio ativo tem contato com a planta, gema apical e folhas do terço superiores, produzindo espécies reativas de oxigênio (EROS), o que pode gerar o abortamento dos pontos produtivos em vez de seu aumento (HESS, 2000). Tal comportamento foi observado por Heiffig *et al.* (2006), quando obteve queda na produtividade de soja, em relação ao controle, ao utilizar herbicidas inibidores da PROTOX. Da mesma forma, Gallon *et al.* (2016) não obtiveram aumento de produtividade na cultivar CD 214 RR ao aplicar o lactofen (144 g ha⁻¹) no estágio V7. Desta forma, quando os produtos são aplicados em regiões sujeitas a estresses ambientais, como uma condição de veranico, após a aplicação, poderá haver redução de produtividade, em vez de ganhos, uma vez que a planta pode ficar em estado de estresse por 20 dias ou mais (ROSA, 2018).

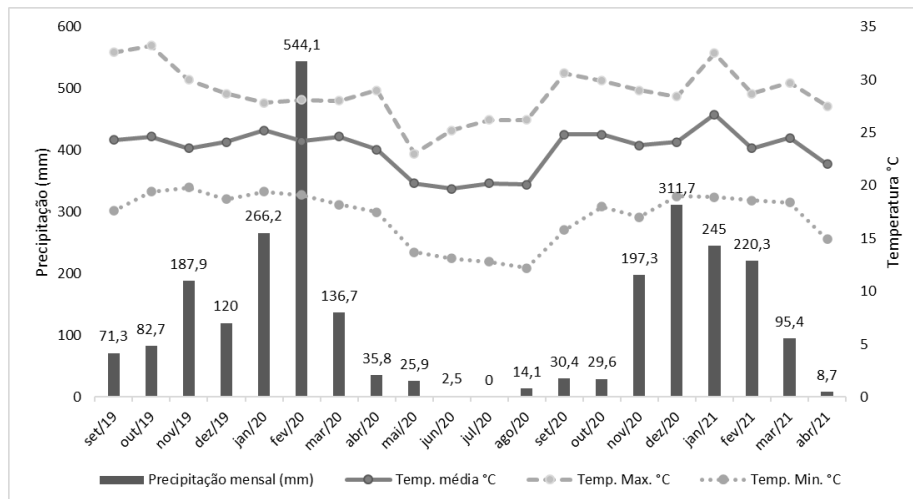
. Além do exposto, outra estratégia de incremento em produtividade seria o manejo populacional de cultivares responsivas ao ambiente de produção, visando ao incremento em produtividade de grãos de soja. O uso dessas estratégias possibilitaria aumento no número de ramos laterais e também redução na altura, o que, conseqüentemente, poderia reduzir o acamamento de plantas (SOARES, 2014). No entanto faltam estudos para as diferentes condições edafoclimáticas brasileiras.

As incertezas quanto ao efeito positivo de herbicidas, hormônios e corte da gema apical da soja, nos componentes de produção e produtividade da soja, motivaram a execução deste trabalho, o qual objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de herbicidas e outros reguladores de crescimento, aplicados em diferentes doses, épocas na soja BRX Desafio RR sob diferentes densidades de semeadura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado, durante as safras 2019/20 e 2020/21, no centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agricultura da UFLA - Fazenda Muquém, localizada em 21° 14 43'' S e 44° 59' 59'' W. O solo do local é caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo com textura argilosa (SANTOS *et al.*, 2018). A temperatura média anual é de 20°C e a precipitação média anual é de 1460 mm (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). As temperaturas médias, durante o período de condução dos experimentos, bem como as precipitações pluviométricas médias, estão apresentadas na Figura 1. A caracterização química do solo de cada safra, na profundidade de 0-20 cm, encontra-se na Tabela 1.

Figura 1 - Dados de temperatura e precipitação acumulada (mm) dos meses de condução dos experimentos nas safras 2019/20 e 2020/21 do município de Lavras – MG.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023), dados referentes às safras 2019, 2020 e 2021.

Tabela 1 - Composição química do solo (0 a 20 cm), na Fazenda Múquem- Lavras/MG, nas safras 2019/20 e 2020/21

Safra	pH H ₂ O	M.O dag kg ⁻¹	P ----- mg.dm ⁻³ -----	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB
2019/2020	5,7	2,6	7,4 ¹	-	130	3,2	1,1	0,1	2,3	4,7
2020/2021	5,7	2,6	7,4 ¹	-	130	3,2	1,1	0,1	2,3	4,7

Safra	t --- cmolc.dm ⁻³ ---	T ----- % -----	V	m	P-rem mg.L ⁻¹	Zn	Fe	Mn	Cu	B
2019/2020	4,8	7	67	2,1	24,1	-	-	-	-	-
2020/2021	4,8	7	67	2,1	24,1	-	-	-	-	-

Fonte: Da autora (2022).

¹ P-Mehlich.

Os experimentos foram conduzidos sob delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, totalizando-se 96 parcelas por experimento, sendo as parcelas principais constituídas por duas densidades de semeadura, 300 e 400.000 plantas ha⁻¹ (cultivar Brasmax Desafio RR). As subparcelas foram constituídas pelos tratamentos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Tratamentos e épocas de aplicação de acordo com o estágio fenológico da cultura da soja

Tratamentos		Dose (ml ou g i.a/há)	Época de aplicação
Nome comum / i.a	Nome comercial		
1- Lactofen	Cobra	144	V4
2- Lactofen	Cobra	144	V6
3- Lactofen	Cobra	72 + 72	V4 + V6
4- Corte mecânico das gemas apicais	-	-	V6
5- Bioestimulante	Grain set©	250 + 250 ml	V4 + V6
6- 2,4 D	2,4 D	50	V6
7- Imazetapir	Imazetapir	300	V6
8- Controle	-	-	-

Fonte: Da autora (2022).

O bioestimulante Grain set©® é um produto comercial da Empresa Alltech (ALLTECH, 2023) e, segundo a empresa, é formulado, a partir de extratos vegetais e nutrientes, complexado por aminoácidos, sendo constituído de 1% de enxofre + 0,8% de manganês + 1,2% de zinco). É recomendado para aumentar massa de grãos, estimular crescimento e engalhamento das plantas. Cada unidade experimental era composta por quatro linhas com 6 m de comprimento, espaçadas de 0,6 m, totalizando-se 14,4 m². Como área útil foram adotadas as duas linhas centrais, correspondendo a 7,2 m².

Os tratamentos foram aplicados, com o auxílio de um pulverizador costal motorizado, a barra de aplicação continha quatro bicos do tipo Leque, espaçados 0,6 cm, totalizando 2,4 m de comprimento. O volume de calda utilizado foi de 200 L ha⁻¹. Todos os tratamentos foram aplicados, em pós-emergência, de acordo com o estágio fenológico das plantas. A retirada do meristema apical foi realizada de forma mecânica, com o auxílio de uma roçadeira manual, cortando-se o terço superior das plantas quando estavam com seis nós na haste principal.

A semeadura da soja, na safra 2019/2020, foi realizada de forma mecânica com o auxílio de uma semeadora adubadora, no dia 28 de outubro de 2019, sobre área de cultivo convencional. A colheita da área útil de cada parcela foi realizada de forma manual no dia 16 de março de 2020. Por sua vez, a semeadura da cultura, na safra 2020/2021, foi realizada no dia 05 de

novembro de 2020 e colheita no dia 23 de março de 2021. Antes do primeiro cultivo, foi realizado o preparo do solo e adotado o plantio convencional. Por sua vez, na segunda safra, a área foi cultivada sob plantio direto.

As adubações da cultura foram baseadas na análise de solo e nas recomendações de Souza e Lobato (2004), para produtividades de 4 a 5 t ha⁻¹, fornecendo-se 82 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Foram utilizadas seis doses de inoculante, à base de *Bradyrhizobium* sp. (estirpes SEMIA 587, SEMIA 5019, SEMIA 5079 e SEMIA 5080), na dose de 7.2 milhões de células viáveis por 50 kg semente de soja, ou seja, 600 mL de produto comercial por cada 50 kg de sementes, aplicado no sulco de semeadura. O manejo de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado de acordo com o monitoramento e necessidade da cultura.

As avaliações foram realizadas no estágio R8 (maturidade fisiológica), antes da colheita. Foram tomadas, aleatoriamente, cinco plantas de soja, em cada parcela, nas quais foram medidas as alturas e contados os números de nós da haste principal, nós dos ramos laterais, número de ramos, número de legumes e grãos por planta.

A produtividade foi estimada, a partir da colheita de duas linhas centrais das parcelas, com quatro metros de comprimento. Após a colheita, as plantas foram trilhadas mecanicamente, separando-se os grãos de cada parcela, para pesagem e determinação de umidade. Após se ter a umidade de cada amostra, foi realizada a correção da massa total de grãos por parcela para umidade de 13%.

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística, realizaram-se, inicialmente, as análises de variância individuais pelo teste F. Em seguida, foi realizada a análise conjunta, envolvendo as duas safras, as médias foram submetidas ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento na densidade populacional de plantas proporcionou diminuição no número de nós da haste principal e nós nos ramos laterais, número de ramificações laterais e número de vagens por planta. Em contrapartida, a maior densidade populacional proporcionou maior altura das plantas de soja nas duas safras e maior produtividade.

Com o aumento da densidade de semeadura de 300 para 400 mil sementes ha^{-1} , a altura média subiu de 70 para 79 cm (TABELA 3). Tal comportamento ocorre em razão do elevado número de plantas por metro, o que desencadeia uma competição por luminosidade, nutrientes e água, além do autossombreamento (MARTINS *et al.*, 1999; MAUAD *et al.*, 2010). Dessa forma, o crescimento longitudinal se sobressai ao desenvolvimento de ramos laterais (CÂMARA, 1991).

Tabela 3 - Altura de plantas (cm) de soja em função da aplicação de Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir, corte mecânico das gemas apicais em V6 e densidades de semeadura, nas safras 2019/20 e 2020/21

Tratamentos	Densidades de semeadura (sementes ha^{-1})			
	300.000		400.000	
	Safra 2019/20	Safra 2020/21	Safra 2019/20	Safra 2020/21
Controle	70 b	68 b	81 a	72 b
Corte das gemas apicais	59 c	54 c	57 c	57 c
2,4 D	69 b	73 a	74 b	84 b
Grain set© V4 + V6	74 b	68 b	81 a	79 b
Lactofen V4 + V6	70 b	73 a	76 b	81 b
Lactofen V4	72 b	77 a	83 a	91 a
Lactofen V6	74 b	73 a	82 a	87 a
Imazetapir V4 + V6	80 a	72 a	84 a	84 b
CV 1 (%): 12,0				
CV 2 (%): 54,0				

Fonte: Da autora (2022).

Nota: Tratamentos: Lactofen V4 ($144 g ha^{-1}$), Lactofen V6 ($144 g ha^{-1}$), Lactofen V4 + V6 ($72 + 72 g ha^{-1}$), 2,4 D ($50 mL ha^{-1}$), Grain set© V4 + V6 ($250 + 250 mL ha^{-1}$), Imazetapir ($300 mL ha^{-1}$), Corte mecânico das gemas apicais e o controle sem aplicação de produto. ¹ Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos (colunas), em cada densidade de semeadura e safra, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O aumento na densidade de semeadura da soja incrementa de forma linear a altura de plantas de soja (MAUAD *et al.*, 2010), pois com maior número de plantas por metro, há maior competição intraespecífica por recursos, provocando estiolamento. A competição entre as plantas resulta em menor disponibilidade de foto assimilado para o crescimento de ramificações

laterais, à medida que esses são destinados, preferencialmente, para o crescimento do eixo principal da soja (MARTINS *et al.*, 1999). Independentemente da cultivar, maiores populações de plantas resultam em menores números de nós, na haste principal e ramificações laterais, assim como maior altura, aumentando o risco de ocorrência de acamamento da cultura (GALLUCCI, 2022).

O corte de gemas apicais proporcionou a menor altura de plantas, em torno de 57 cm, uma vez que a gema apical foi retirada por completo, quando a planta estava com apenas seis nós na haste principal, cessando o crescimento de forma precoce (TABELA 3). Esse resultado corrobora com os obtidos por Martins *et al.* (2021), em que as plantas submetidas ao corte das gemas apicais apresentaram menor desenvolvimento que as demais, em média de 67 cm. Quando se quebra a dominância apical, ou seja, retirada completa ou parcial da gema apical, responsável pelo fornecimento de hormônios para as plantas, ocorre a paralização do crescimento, pois cessa-se a produção de auxina responsável pelo crescimento longitudinal (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005; DAVIES, 2004; TAIZ *et al.*, 2017).

Os herbicidas aplicados não reduziram a altura das plantas, em relação ao tratamento controle, exceto na safra 2019/20 na população de 400 mil plantas há^{-1} . Tal comportamento pode ter ocorrido, em função das condições climáticas adequadas (FIGURA 1), após a aplicação dos produtos, somada à adequada fertilidade do solo (TABELA 1), os quais favoreceram o desenvolvimento das plantas, aliado também à, metabolização das moléculas estudadas, que pode ter sido mais acentuada pelo ambiente presente na safra conciliado com a elevada densidade populacional.

O número de nós na haste principal não foi modificado pela aplicação dos herbicidas (Tabela 4), com exceção da aplicação do lactofen em V4 na safra 2020/21. Pôde-se observar efeito da retirada da gema apical em V6, uma vez que a planta desenvolveu a haste principal de forma limitada, apresentando, em média, apenas nove nós, uma redução de seis nós quando comparado ao tratamento controle. Por outro lado, embora as plantas com corte da gema apical tenham apresentado menor quantidade de nós na haste principal pela menor altura (TABELA 3), elas apresentaram maior número de nós produtivos, totalizando 31 nós, nove na haste principal e 22 nos ramos laterais (TABELAS 4 e 5). Esse resultado é semelhante ao observado por Martins *et al.* (2021), em que o corte de gemas apicais resultou em redução de quatro nós da haste principal. Como efeito do corte das gemas apicais há redução na produção de auxina, aumentando a concentração de citocinina, que induz a maior formação de ramos laterais e, em consequência, maior número de nós (TAIZ *et al.*, 2017).

Em contrapartida, as plantas do tratamento em que se aplicou lactofen em V4 apresentaram, de forma geral, maior número médio de nós na haste principal, em média, 19. O efeito de quebra de dominância apical, após aplicar o herbicida em V4, aliado ao estresse causado pela fitotoxidez, desencadeou a maior concentração do hormônio citocinina e, por conseguinte, maior formação de nós na haste principal, uma vez que entre as funções do hormônio está a ativação de gemas em dormência (FAGAN *et al.*, 2015; TAIZ *et al.*, 2017). Martins *et al.* (2021) mostraram que o antagonismo entre citocinina e auxina leva a modificações à morfologia da planta de soja, ou seja, quando a concentração de auxina é reduzida, a citocinina, fito-hormônio que auxilia no alongamento e crescimento celular aumenta, proporcionando maior produção de ramos laterais e, portanto nós reprodutivos.

Ao contrário do esperado, quando se utilizou lactofen em V4, observou-se menor número de nós nos ramos laterais que dos demais tratamentos, em média, oito (TABELA 4), mesmo obtendo um número de 19 nós na haste principal (TABELA 3). Tal resultado pode estar atrelado à rápida recuperação do dossel, após a aplicação do herbicida, uma vez que a planta em V4 está em pleno desenvolvimento vegetativo, não apresentando efeito da molécula sobre os hormônios vegetais citocinina e auxina (TAIZ *et al.*, 2017).

Tabela 4 - Número de nós na haste principal de plantas de soja, em função da aplicação dos tratamentos Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir e corte mecânico das gemas apicais, bem como densidades de sementes nas safras 2019/20 e 2020/21

Tratamentos	Safr / Densidades de sementeura (sementes ha ⁻¹)					
	Safr 2019/20			Safr 2020/21		
	300.000	400.000	Média	300.000	400.000	Média
Controle	16 a	18	17 a	15,4	15 a	15 b
Corte das gemas apicais	10 b	11	10 b	12,1	7 b	9 c
2,4 D	18 a	17	17 a	16,3	17 a	17 b
Grain set© V4 + V6	19 a	16	17 a	16,1	14 a	15 b
Lactofen V4 + V6	17 a	15	16 a	15,2	16 a	15 b
Lactofen V4	18 a	19	19 a	19,6	19 a	19 a
Lactofen V6	18 a	17	16 a	13,7	16 a	15 b
Imazetapir V4 + V6	18 a	15	17 a	16,5	16 a	16 b
CV 1 (%): 29						
CV 2 (%): 8						

Fonte: Da autora (2022).

Tratamentos: Lactofen V4 (144 g ha⁻¹), Lactofen V6 (144 g ha⁻¹), Lactofen V4 + V6 (72 + 72 g ha⁻¹), 2,4 D (50 mL ha⁻¹), Grain set© V4 + V6 (250 + 250 mL ha⁻¹), Imazetapir (300 mL ha⁻¹), Corte mecânico das gemas apicais e o controle sem aplicação de produto. ¹Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos (colunas), em cada densidade de sementeura na respectiva safr, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O aumento da densidade de semeadura de 300 para 400.000 sementes por hectare reduziu na média de dois a três nós por planta, nos ramos laterais (TABELA 5), conforme observado por Gallucci (2022), mas não afetou o número de nós na haste principal (TABELA 4), como também foi observado por Rosa (2018) e Souza *et al.* (2013). O maior número de plantas por hectare pode ocasionar a competição intraespecífica entre as plantas, em que a distribuição de recursos, como os foto-assimilados, para o desenvolvimento de ramos laterais, é reduzida, uma vez que são disponibilizados, preferencialmente, para o crescimento da haste principal da planta (CÂMARA, 1991; GALLUCI, 2022; MARTINS *et al.*, 1999), provocando o alongamento dos entrenós, resultando em plantas maiores, porém com menor número de nós.

Tabela 5 - Número de nós nos ramos laterais de plantas de soja, em função da aplicação dos tratamentos Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir, corte mecânico das gemas apicais, bem como densidades de semeaduras nas safras 2019/20 e 2020/21

Tratamentos	Safr / Densidades de semeadura (sementes ha ⁻¹)			
	Safr 2019/20		Safr 2020/21	
	300.000	400.000	300.000	400.000
Controle	15 c	15 b	18 b	14 c
Corte das gemas apicais	24 a	20 a	22 a	22 a
2,4 D	11 d	14 b	14 c	17 b
Grain set© V4 + V6	17 b	14 b	19 b	7 d
Lactofen V4 + V6	20 b	13 c	22 a	13 c
Lactofen V4	10 d	8 c	9 d	8 d
Lactofen V6	14 c	11 c	14 c	13 c
Imazetapir V4 + V6	17 b	10 c	19 b	9 d
Média	16 A	13 B	17 A	13 B
CV 1 (%): 9,9				
CV 2 (%): 8,8				

Fonte: Da autora (2022).

Tratamentos: Lactofen V4 (144 g ha⁻¹), Lactofen V6 (144 g ha⁻¹), Lactofen V4 + V6 (72 + 72 g ha⁻¹), 2,4 D (50 mL ha⁻¹), Grain set© V4 + V6 (250 + 250 mL ha⁻¹), Imazetapir (300 mL ha⁻¹), Corte mecânico das gemas apicais e o controle sem aplicação de produto. Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos (colunas), em cada densidade de semeadura na respectiva safr, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam as médias de cada densidade populacional em cada safr, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Quanto ao número de ramos laterais por planta, as diferenças ocorreram apenas na densidade de 300 mil plantas por ha. Na safr 2019/20, as plantas que foram submetidas ao corte das gemas apicais apresentaram maiores números de ramos (TABELA 6). Por outro lado, na safr 2020/21, as plantas que receberam aplicações de lactofen em V4 e lactofen em V6

apresentaram menores números de ramos laterais que as plantas dos demais tratamentos. A retirada da gema apical ou a quebra da dominância apical resulta no aumento do número de ramos laterais por planta, sobretudo, pelo fato de maior concentração de citocinina nas gemas laterais da haste principal de plantas de soja (GALLON *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2021; SOARES, 2014).

O número médio de ramos laterais por plantas de soja foi reduzido de quatro para três com o aumento da densidade de semeadura de 300 para 400.000 sementes por ha (TABELA 6). De acordo com Martins *et al.* (1999), a competição entre as plantas, causada por plantios mais adensados, resulta em menor disponibilidade de foto-assimilados para o crescimento de ramificações laterais, à medida que eles são destinados preferencialmente para o crescimento do eixo principal da soja. A utilização de uma densidade de semeadura inferior à recomendada pode acarretar plantas mais baixas e com maior número de ramificações (FISS *et al.*, 2018), corroborando com os resultados deste estudo (TABELAS 3 e 6).

De forma geral, a população final de plantas, para a safra 2019/20, foi maior, quando comparada à safra 2020/21 (330.397 plantas ha⁻¹ e 293.053 plantas ha⁻¹ respectivamente). Isso pode ter influenciado as plantas a não desenvolverem maior número de ramos laterais mantendo-se uma média de três ramos, independente da densidade de semeadura ou tratamento utilizado (TABELA 6). Rosa (2018) também não observou variação no número de ramos laterais, quando comparou diferentes densidades populações de plantas com a cultivar NA 5909 RG. A soja apresenta alta plasticidade, quanto à resposta ao arranjo espacial de plantas, podendo ajustar altura, engalhamento, número de ramificações de vagens e de grãos por planta em função da população utilizada (ARGENTA *et al.*, 2001; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013). Perante condições de menor densidade, a tendência é que as plantas aumentem o número de ramos e de vagens e de grãos por planta para haver perdas de produtividade de grãos (VAZ BISNETA, 2015).

Tabela 6 - Número de ramos laterais de plantas de soja, em função da aplicação dos tratamentos Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir, corte mecânico das gemas apicais, bem como densidades de sementes nas safras 2019/20 e 2020/21

Tratamentos	Safr / Densidades de sementeura (sementes ha ⁻¹)			
	Safr 2019/20		Safr 2020/21	
	300.000	400.000	300.000	400.000
Controle	3 b	3	4 a	3
Corte das gemas apicais	4 a	3	4 a	3
2,4 D	3 b	3	4 a	3
Grain set© V4 + V6	3 b	4	5 a	3
Lactofen V4 + V6	3 b	3	4 a	4
Lactofen V4	3 b	3	3 b	2
Lactofen V6	2 b	3	3 b	3
Imazetapir V4 + V6	3 b	2	4 a	3
Média	3	3	4 A	3 B
CV 1 (%): 18,3				
CV 2 (%): 12,0				

Fonte: Da autora (2023).

Nota: Tratamentos: Lactofen V4 (144 g ha⁻¹), Lactofen V6 (144 g ha⁻¹), Lactofen V4 + V6 (72 + 72 g ha⁻¹), 2,4 D (50 mL ha⁻¹), Grain set© V4 + V6 (250 + 250 mL ha⁻¹), Imazetapir (300 mL ha⁻¹), Corte mecânico das gemas apicais e o controle sem aplicação de produto. ¹Letras maiúsculas se referem à comparação de médias separadamente em cada safra 19_20 e 20_21 (Linha); letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos (colunas), em cada densidade de sementeura na respectiva safra, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O número de legumes por planta foi afetado pelos tratamentos apenas na densidade de 400.000 sementes por ha (TABELA 7). Os efeitos tanto do corte das gemas apicais, como da aplicação dos herbicidas e do Grain set©, não mostraram um efeito claro na quantidade de legumes por plantas. Como a soja é uma cultura altamente responsiva ao arranjo espacial e às condições climáticas, o que pode ter ocorrido é a influência do ambiente na dinâmica de recuperação do dossel, após a aplicação de cada tratamento, de forma específica para cada ano. Na safra 2020/21, a distribuição de chuvas foi mais uniforme, porém, no mês de dezembro, em que a soja estava iniciando o florescimento, a precipitação acumulada foi de 300 mm (FIGURA 1), o que pode ter afetado o processo de polinização, uma vez que pode gerar o abortamento de flores, influenciando junto ao tratamento o número de legumes por planta (BARBOSA, 2022). Também, de forma geral, o tratamento com o herbicida 2,4 D não alterou o número de legumes por planta, o que pode ser explicado pela dose reduzida de i.a. utilizada. O mesmo foi observado por Colasso e Borsoi (2019), que, ao utilizarem doses reduzidas de 2,4 D (0, 25, 50, 75, 100 e 125 mL ha⁻¹), não observaram diferenças no número de legumes por planta.

Quando foi utilizada a densidade de sementeura de 300.000 sementes por ha, as plantas apresentaram, em média, maior número de legumes, em torno de 60 por planta (TABELA 7). A menor população proporciona melhor entrada de luz no dossel, o que auxilia no melhor

pegamento floral e, conseqüentemente, maior número de legumes por planta (GALLUCI, 2022). A soja apresenta grande plasticidade fenotípica, quando submetida à variação no arranjo e na população de plantas, apresentando grande capacidade de variar a quantidade de ramificações emitidas, número de nós, quantidade de flores e vagens e diâmetro do caule de acordo com a variação da densidade de plantas na área (GARCIA *et al.*, 2007; RAMBO *et al.*, 2004). Essa plasticidade fenotípica faz com que a soja seja capaz de compensar baixas populações com o aumento da produção por planta, ou seja, as plantas aumentam o maior número de nós produtivos, de ramificações e de vagens por planta, assim, mantendo altas produtividades, mesmo com populações mais baixas (BOARD; SETTIMI, 1986; BÜCHLING *et al.*, 2017; RAMOS JUNIOR; RAMOS; BULHÕES, 2019). O número de vagens por planta é um dos componentes produtivos que contribui para maior flexibilidade na variação da população, permitindo aumento ou redução sem que se observe diminuição no rendimento de grãos (PEIXOTO *et al.*, 2000). Variações no número de vagens por planta, em função da densidade de semeadura, também, foram observadas por Peixoto *et al.* (2000), Ribeiro *et al.* (2017) e Schidlowski e Modolo (2012).

Tabela 7 - Número médio de legumes, em função da aplicação dos tratamentos: Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir, corte mecânico das gemas apicais e o controle sem aplicação de produto e densidades de semeaduras nas safras 2019/20 e 2020/21

Tratamentos	Safr / Densidades de semeadura (sementes ha ⁻¹)			
	Safr 2019/20		Safr 2020/21	
	300.000	400.000	300.000	400.000
Controle	55	63 a	56	53 b
Corte das gemas apicais	61	60 a	58	47 b
2,4 D	59	63 a	52	66 a
Grain set© V4 + V6	60	64 a	62	38 b
Lactofen V4 + V6	60	72 a	52	52 b
Lactofen V4	68	50 b	47	48 b
Lactofen V6	68	43 b	50	65 a
Imazetapir V4 + V6	58	63 a	55	52 b
Média	61 A	54 B	60 A	52 B
CV 1 (%): 9,9				
CV 2 (%): 9,6				

Fonte: Da autora (2022).

Nota: Tratamentos: Lactofen V4 (144 g ha⁻¹), Lactofen V6 (144 g ha⁻¹), Lactofen V4 + V6 (72 + 72 g ha⁻¹), 2,4 D (50 mL ha⁻¹), Grain set© V4 + V6 (250 + 250 mL ha⁻¹), Imazetapir (300 mL ha⁻¹), Corte mecânico das gemas apicais e o controle sem aplicação de produto. ¹Letras maiúsculas se referem à comparação de médias separadamente em cada safr 19_20 e 20_21 (Linha); letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos (colunas), em cada densidade de semeadura na respectiva safr, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os tratamentos afetaram as produtividades somente na safra 2019/20, quando a população de 400.000 plantas por ha foi utilizada (TABELA 8). As maiores produtividades foram obtidas, quando houve a aplicação dos herbicidas lactofen em V4 + V6 ou 2,4 D em V4 e, ainda, quando imazetaphir foi aplicado em V4 + V6, ou quando houve o corte das gemas apicais em V6. Autores como Gallon *et al.* (2016) e Martins *et al.* (2021) encontraram resultados semelhantes, utilizando-se lactofen em V6 em cultivares de soja de ciclo longo. O componente de produção número de nós por hectare está diretamente atrelado à produtividade. Para se atingir elevadas produtividades, é necessário que plantas de soja consigam expressar um número mínimo de 15 a 20 nós no caule (BAHRY *et al.*, 2013), a partir dos quais surgirão as estruturas reprodutivas da planta, porém pode-se observar que, neste estudo, o maior número de nós na haste principal (TABELA 4) não resultou em incremento na produtividade (TABELA 8). Tal fato pode ter acontecido pela ocorrência de nós improdutivo que não geraram estruturas reprodutivas.

A densidade de semeadura não afetou a produtividade da soja na safra 2020/21 (TABELA 8). Elevadas densidades podem proporcionar maior número de pontos produtivos por hectare e, portanto poderiam contribuir para maiores produtividades, como observado por Gallucci (2022). O autor obteve incrementos de até 30%, na produtividade de grãos com a cultivar M5947IPRO, quando a densidade de 400 mil plantas ha⁻¹ foi utilizada comparada às densidades de 260, 240, 320 e 480 mil plantas por hectare. Em contrapartida, Liu *et al.* (2010) verificaram que o fornecimento de maior quantidade de luz para plantas de soja, que se encontravam no início do florescimento, possibilitou maior quantidade de legumes efetivos no final do ciclo e, conseqüentemente, aumento de produtividade. Tal resposta foi proporcionada, sobretudo, pela manutenção da fotossíntese em folhas da parte inferior do dossel da planta. Desta forma, nem sempre altas densidades de plantas por ha podem proporcionar altas produtividades, podem inclusive provocar reduções das produtividades, quando ocorrem perdas precoces das folhas baixas das plantas, bem como possíveis problemas ocasionados pelo favorecimento de doenças, em função da falta de luminosidade e aumento das condições favoráveis às doenças.

Tabela 8 - Produtividade, em função da aplicação dos tratamentos Lactofen V4, Lactofen V6, Lactofen V4 + V6, 2,4 D, Grain set© V4 + V6, Imazetapir e corte mecânico das gemas apicais, bem como densidades de sementes nas safras 2019/20 e 2020/21

Tratamentos	Safr / Densidades de semente (sementes ha ⁻¹)			
	Safr 2019/20		Safr 2020/21	
	300.000	400.000	300.000	400.000
Controle	4006	3151 b	4529	3392
Corte das gemas apicais	3366	3911 a	4182	3228
2,4 D	3474	3982 a	3291	4151
Grain set© V4 + V6	3624	2690 b	4365	3820
Lactofen V4 + V6	3248	3476 b	4579	3967
Lactofen V4	3600	4015 a	3937	4019
Lactofen V6	4362	4282 a	4374	3800
Imazetapir V4 + V6	4217	3883 a	4123	3566
Média	3738 B	4298 A	3549 A	3743 A
CV 1 (%): 12,8				
CV 2 (%): 18,0				

Fonte: Da autora (2022).

Nota: Tratamentos: Lactofen V4 (144 g ha⁻¹), Lactofen V6 (144 g ha⁻¹), Lactofen V4 + V6 (72 + 72 g ha⁻¹), 2,4 D (50 mL ha⁻¹), Grain set© V4 + V6 (250 + 250 mL ha⁻¹), Imazetapir (300 mL ha⁻¹), Corte mecânico das gemas apicais e o controle sem aplicação de produto. ¹ Letras maiúsculas se referem à comparação de médias separadamente em cada safra 19_20 e 20_21 (Linha); letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos (colunas), em cada densidade de semente na respectiva safra, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÃO

Os produtos utilizados modificaram a morfologia das plantas de soja, influenciando a produtividade de grãos, porém com um comportamento variável de acordo com a safra estudada;

A redução da população de plantas por hectare aumentou o número de estruturas produtivas da cultivar de soja BRX Desafio RR, mas não resultou em incremento de produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

- ALLTECH. **Grain-set**. Disponível em: <https://www.alltech.com/pt-br/crop-science/performance/grain-set>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- ARGENTA, G. *et al.* Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 71-78, jan. 2001.
- BAHRY, C. A. *et al.* Desempenho agrônômico da soja em função da desfolha em diferentes estádios vegetativos. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 4, p. 19-24, dez. 2013.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. *et al.* **Crescimento de plantas de soja em função da redução da densidade de semeadura e sua relação com a produtividade**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 18).
- BARBOSA, W. S. S. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em Alagoas**. 2021. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2022.
- BOARD, J. E.; SETTIMI, R. Photoperiod effect before and after flowering on branch development in determinate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 6, p. 995-1002, 1986.
- BÜCHLING, C. *et al.* Uso da plasticidade morfológica como estratégia para a redução da população de plantas em cultivares de soja. **Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 35, p. 22-30, 2017.
- CABRAL, E. M. A. **Uso de reguladores de crescimento na cultura da soja**. 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.
- CÂMARA, G. M. S. **Efeito do fotoperíodo e da temperatura no crescimento, florescimento e maturação de cultivares de soja (Glycine max (L.) Merrill)**. 1991. 266 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.
- CASTRO, P. R.; KLUGE, R. A.; PERES, E. P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005.
- COLAÇO, W. R. V.; BORSOI, A. Aplicação de 2, 4-D como regulador de crescimento na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, p. 42-53, 2019. Edição especial.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim safra grãos 2023**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 5 jan. 2023.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. D.; FERREIRA, E. Climatic classification and tendencies in Lavras region, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1862-1866, 2007.

DAVIES, P. J. **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action**. 3rd ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2004. 750 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil**. Londrina: Embrapa, 2013.

FAGAN, E. B. *et al.* **Fisiologia vegetal: reguladores vegetais**. São Paulo: Andrei, 2015.

FERREIRA, A. S. *et al.* Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, Campinas, v. 75, p. 362-370, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, p. 109-112, 2014.

FISS, G. *et al.* Produtividade e características agronômicas da soja em função de falhas na semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 61, p. 1-7, 2018.

GALLON, M. *et al.* Ação de herbicidas inibidores da PROTOX sobre o desenvolvimento, acamamento e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 15, n. 3, p. 232-240, 2016.

GALLUCCI, A. D. **Relação entre o índice de área foliar e a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa na soja e milho**. 2022. 69 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GARCIA, A. *et al.* **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas**. Londrina: Embrapa Soja, 2007.

HEIFFIG, L. S. *et al.* Fechamento e índice de área foliar na cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HESS, F. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, Champaign, v. 48, p. 160-170, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Mapas de estações meteorológicas**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 7 jan. 2023.

LIU, B. *et al.* Responses of soybean yield and yield components to light enrichment and planting density. **International Journal of Plant Production**, Gorgan, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2010.

MARTINS, I. A. *et al.* Lactofen e cinetina na produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 50, p. 1-10, 2021.

MARTINS, M. C. *et al.* Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

MAUAD, M. *et al.* Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

- MENDES, T. F. **Produtividade de cultivares de soja em função da variação de densidade de plantas**. 2019. 32 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2019.
- MÜLLER, M. **Arquitetura de plantas de soja: interceptação de radiação solar, deposição de produtos fitossanitários e produtividade**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.
- PEIXOTO, C. P. *et al.* Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I., componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89-96, 2000.
- RAMBO, L. *et al.* Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 33-40, 2004.
- RAMOS JUNIOR, E. U.; RAMOS, E. M.; BULHÕES, C. C. Densidade de plantas nos componentes produtivos e produtividade de cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 17, n. 2, p. 51-56, 2019.
- RIBEIRO, A. B. M. *et al.* Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 7, p. 1-8, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160928>.
- ROSA, W. P. **Eficiência produtiva e deposição de produtos fitossanitários em cultivares de soja submetidas à aplicação de lactofen**. 2018. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo, 2018.
- SANTOS, H. G. dos *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/solos/sibcs>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- SCHIDLOWSKI, L. L.; MODOLO, A. J. Efeito do espaçamento e população de plantas no desempenho agrônômico da soja. *In*: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR, 2012, Dois Vizinhos. **Anais [...]**. Dois Vizinhos: Editora UTFPR, 2012.
- SILVA, M. A. *et al.* Hormonal effect of glyphosate on the initial development of sugarcane. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 973-978, 2009.
- SOARES, L. H. **Manejo fisiológico com base em tratamento de sementes e aplicação de organominerais via foliar para sistemas de alto potencial produtivo de soja**. 2014. 130 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- SOUZA, C. A. *et al.* Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 634-643, 2013.
- TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 918 p.

VAZ BISNETA, M. **Influência do tipo de crescimento, época e densidade de semeadura em caracteres morfoagronômicos de cultivares de soja**. 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

YANG, Y. *et al.* Physical mapping and candidate gene prediction of branch number on the main stem in soybean. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 68, p. 2907-2921, 2021.

**ARTIGO 2 - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE CANOLA NO
CAMPO DAS VERTENTES – MG**

Inara Alves Martins^{1*}
Guilherme Vieira Pimentel
Silvino Guimarães Moreira

**Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2018) e formatado de acordo com o
Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.**

¹ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, 37200-900, Lavras MG, Brasil
* Autor para correspondência: Inara Alves Martins, e-mail: inara.martins@estudante.com.br.

RESUMO

A canola se destaca no cenário brasileiro por permitir a produção de óleo comestível e biodiesel. Apesar do seu potencial, a cultura da canola está concentrada no Sul do país por sua adaptação às zonas temperadas. Contudo estudos têm relatado potencial de cultivo, em clima tropical, como alternativa para a produção de óleo na safrinha com melhora nas condições químicas do solo e redução nos riscos de perdas por problemas fitossanitários. Desse modo, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho agrônômico de híbridos de canola, nas condições de cultivo na mesorregião do Campo das Vertentes, MG, durante as safras 2019 e 2021. Para a condução dos experimentos, foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 6×6 , com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por seis híbridos de canola, sendo: Hyola 433, Hyola 575 CL, Nuola 300, Hyola 571 CL, Diamond e ALHT B4. O segundo fator foi composto pelas seis épocas de semeadura: 15/02/2019, 28/02/2019, 20/03/2019, 09/04/2019, 22/02/2021 e 11/03/2021. Foram avaliados os componentes de produção, produtividade de grãos e óleo de canola. Os híbridos de canola Nuola 300 e Hyola 575 CL apresentaram maiores produtividade de grãos e de óleo por hectare, respectivamente, mostrando potencial para serem explorados na região do Campo das Vertentes – MG. brasileiro. Nesta mesma região a canola deve ser semeada até o mês de março.

Palavras-chave: *Brassica napus* L. var. *oleífera*, colza, produção, tropicalização.

1 INTRODUÇÃO

Introduzida no Rio Grande do Sul, na década de 1970 e, no Paraná, em 1980, a canola (*Brassica napus* L. var. *oleífera*) vem sendo considerada uma boa opção para a rotação de culturas no outono inverno, pois possui elevado potencial produtivo e destaque na produção de biodiesel e óleo comestível de alto valor nutricional. Com cultivo predominante nas regiões de clima temperado, a maior produção de grãos dessa oleaginosa se concentra na região Sul do país, sendo 95% das áreas produtoras concentradas nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná. Na safra 2022, foram produzidas pouco mais de 96 mil toneladas de grãos, numa área de 55,2 mil hectares, com produtividade média próxima de 1.743 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2023).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA 2023), atualmente a canola se consolida como a terceira oleaginosa de maior importância, com aproximadamente 14,7% da produção mundial de óleos comestíveis. O alto valor socioeconômico dessa oleaginosa surge como opção de cultivo ao produtor, além de poder ser utilizada em sistemas de rotação de culturas, proteção e recuperação de solos compactados, quebra do ciclo de doenças em culturas como soja e milho, além da produção de biodiesel e óleo comestível de alto valor nutricional (KRÜGER *et al.*, 2011).

Embora o melhoramento genético seja uma importante ferramenta na disponibilização de cultivares com elevada produtividade, muitas barreiras ainda precisam ser superadas, como a necessidade de identificar os genótipos com melhor adaptação, nas diferentes regiões do país, bem como as melhores épocas de semeadura, especialmente em latitudes menores que 35° e altitudes superiores 600 metros (ESTEVEZ *et al.*, 2014). Com a hipótese de que é possível o cultivo da canola econômico, nas regiões de alta altitude do Cerrado brasileiro, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agrônômico de híbridos de canola nas condições de cultivo na mesorregião do Campo das Vertentes, MG.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no outono inverno das safras 2019 e 2020, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agricultura da UFLA - Fazenda Muquém, localizada em 21° 14 43” S e 44° 59’ 59” W. O solo do local é caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo com textura argilosa (SANTOS *et al.*, 2018). A temperatura média anual é de 20 °C e a precipitação média anual é de 1460 mm (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). Dados referentes à caracterização química do solo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Tabela 1- Caracterização dos atributos químicos de um Latossolo Vermelho, da camada de 0-20 cm da área experimental Fazenda Muquém nas safras 2019 e 2021

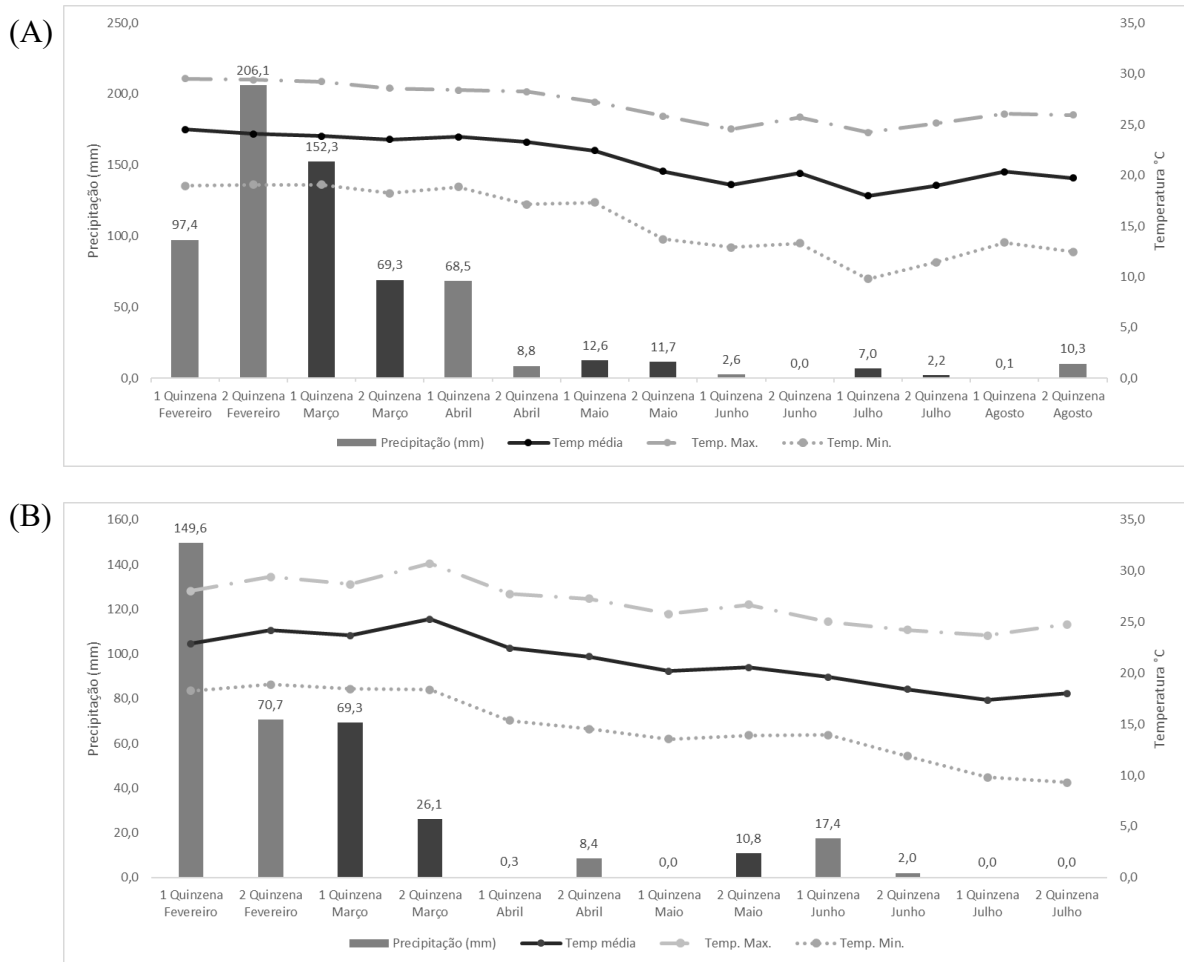
Safra	pH	M.O	P res	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB
	H ₂ O	dag kg ⁻¹	-----	mg.dm ⁻³	-----	-----	-----	cmolc.dm ⁻³	-----	-----
2019	6.7	ns	54.9	3.6	72,2	5,2	1,6	0,0	1,4	7,04
2021	6.7	ns	54.9	3.6	72,2	5,2	1,6	0,0	1,4	7,04

	t	T	V	m	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	---	cmolc.dm ⁻³	---	-----	%	-----	mg.L ⁻¹	-----	mg.dm ⁻³	-----
2019	7,04	8,44	83,41	0	10,7	3.3	21,5	8,2	0,4	0,18
2021	7,04	8,44	83,41	0	10,7	3.3	21,5	8,2	0,4	0,18

Fonte: Da autora (2022).

De acordo com os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023), a precipitação acumulada, durante a condução do experimento no ano de 2019, foi de 648,9 mm e, para 2021, foi de 354,6 mm, sendo distribuídas em 565,8 mm, na primeira época semeada dia 15/02/2019, com temperatura média de 23,9 °C; para a segunda época 28/02/2019, o acumulado foi de 335 mm e temperatura média de 22,2 °C ;para a terceira época 20/03/2019, foram acumulados 131,4 mm e temperatura média de 21,3 °C; para a quarta época 09/04/2019, foram acumulados 92,9 mm e temperatura média de 20,4 °C; para a quinta época 22/02/2021, foram acumulados 161 mm e temperatura média de 21,9 °C e, para a sexta época semeada dia 11/03/2021, foram acumulados 72,2 mm e temperatura média de 20,9 °C (FIGURA 1).

Figura 1 - Precipitações e temperaturas médias do município de Lavras durante a realização do experimento nas safras 2019 (A) e 2021 (B)



Fonte: INMET (2023).

Para a condução e instalação do experimento, foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 6×6 , com quatro repetições, totalizando-se 144 parcelas. O primeiro fator foi composto por seis híbridos de canola, sendo: Hyola 433, Hyola 575 CL, Nuola 300, Hyola 571 CL, Diamond e ALHT B4. O segundo fator foi composto pelas seis épocas de semeadura: 15/02/2019, 28/02/2019, 20/03/2019, 09/04/2019, 22/02/2021 e 11/03/2021.

A área experimental foi preparada, no sistema de cultivo mínimo, sendo as parcelas constituídas de cinco linhas com espaçamento de 0,20 m e cinco metros de comprimento, 5 m². Foram consideradas úteis as três linhas centrais com quatro metros de comprimento, correspondendo a 2,4 m². A população final foi de aproximadamente 40 plantas/m².

O manejo de pragas e doenças foi realizado de acordo com o monitoramento e necessidade da cultura. A adubação de plantio e cobertura foi realizada de acordo com a necessidade da cultura para se obter elevadas produtividades.

Os caracteres avaliados foram: dias da emergência ao florescimento (DEF); ciclo total (dias); altura de plantas, número total de síliquas por planta; número de grãos por síliquas, produtividade de grãos (kg ha^{-1}), teor de óleo nos grãos (%) e produtividade de óleo por hectare (kg ha^{-1}). A produtividade de grãos foi corrigida para a percentagem de umidade de 10%.

O teor de óleo nos grãos foi determinado no Laboratório de Biodiesel da UFLA; para tal, as amostras uniformes de grãos foram submetidas à secagem em estufa com ventilação forçada de ar sob $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 48 h, visando à uniformização da umidade. Após a secagem, procedeu-se à moagem dos grãos com casca e à determinação do teor de óleo. O farelo dos grãos foi embalado, em cartuchos de papel, na quantidade de 2 g por cartucho, em duplicata por unidade experimental. Na extração, adotou-se a metodologia descrita em International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC, 1979), utilizando-se o sistema soxhlet e o solvente extrator éter de petróleo e o tempo de extração de 6 h. Após a extração os cartuchos, foram mantidos em estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h para completa evaporação do éter de petróleo.

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística, os dados de contagem e porcentagem foram transformados em raiz quadrada ($x + 0,5$), para atender às premissas da Anova. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando pertinente, foi realizado o teste de agrupamento de médias Scott-Knott, a 5% de significância por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014). As médias constantes nas tabelas são dos dados originais, sem transformação.

Além disso, foi realizada uma análise de agrupamento e gerado um dendrograma, por meio do software Past3 (Paleontological STatistics, Version 3.20, Oslo, Noruega) (HAMMER; HARPER; RAYAN, 2001), na qual o índice de similaridade Euclidiana foi calculado para cada combinação de duas amostras. As matrizes foram padronizadas, dividindo-se o valor de cada elemento pelo desvio-padrão da respectiva matriz, com a finalidade de reduzir a amplitude de variação em cada uma delas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A canola é altamente responsiva às condições climáticas e, assim como esperado, as épocas de semeadura influenciaram todos os componentes de produção, havendo relação significativa com temperaturas máximas próximas a 30°C e períodos prolongados de estiagem (FIGURA 1). Pode-se observar que houve diferença significativa no ciclo dos híbridos, na segunda época de semeadura (28/02/2019), sendo os híbridos Diamond e Hyola 575 CL os mais precoces, assim como na quinta e sexta época (22/02/2021 e 11/03/2021, respectivamente), com o híbrido Diamond, apresentando média geral de 108 dias de ciclo, característica de precocidade (TABELA 2). Diante dessas informações, denota-se que o ambiente influenciou no desempenho dos híbridos de acordo com a data de semeadura.

A quarta época de semeadura (09/04/2019) apresentou os maiores ciclos para todos os híbridos deste estudo. Esse resultado ocorreu em razão da semeadura tardia coincidir com baixa precipitação e temperaturas (FIGURA 1), condição que favorece o alongamento do ciclo. Por outro lado, a temperatura máxima, durante toda a fase vegetativa da primeira época de semeadura (ano de 2019), foi próxima a 30° C (FIGURA 1) e provocou uma redução no ciclo de todos os materiais estudados, destacando-se os híbridos Diamond e Hyola 433, uma vez que são caracterizados como híbridos precoces.

Comparando-se a média geral do ciclo dos híbridos, Diamond apresentou o menor ciclo (TABELA 2). Laviola *et al.* (2019) observaram que o híbrido Diamond também esteve entre os materiais com ciclo reduzido, ao ser cultivado na região de Brasília no mês de junho, afirmando que materiais precoces têm aptidão para serem inseridos nos sistemas de produção soja/milho, trazendo benefícios, como a redução da incidência de doenças, além de possibilitar a produção de óleos vegetais na entressafra.

Tabela 2 - Ciclo total (dias) de seis híbridos de canola em função das diferentes épocas de semeadura

Híbridos	Épocas de semeadura						Média
	15/02/19	28/02/19	20/03/19	09/04/19	22/02/21	11/03/21	
ALHT B4	105 aC ¹	122 bB	118 aB	137 aA	120 aB	130 aA	122 a
Diamond	94 aC	100 cC	118 aB	137 aA	103 bC	101 bC	108 b
Nuola 300	100 aC	122 bB	118 a	137 aA	120 aB	130 aA	121 a
Hyola 571 CL	100 aC	132 aA	118 aB	137 aA	120 aB	130 aA	123 a
Hyola 575 CL	101 aC	100 cC	118 aB	137 aA	120 aB	130 aA	117 a
Hyola 433	94 aC	122 bB	118 aB	137 aA	120 aB	130 aA	120 a
Média	99 D	116 C	118 C	137 A	117 C	125 B	
CV (%): 5,4							

Fonte: Da autora (2022).

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na Vertical (coluna) e maiúscula na horizontal (linha) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. CV: coeficiente de variação.

Foi observado, para a primeira época de semeadura, com temperaturas iniciais elevadas e restrição hídrica, após o florescimento das cultivares no mês de abril (FIGURA 1A), encurtamento do ciclo de os materiais estudados (TABELA 2). Esse fato já era esperado, visto que a canola é originalmente uma planta adaptada às condições de temperaturas amenas e com chuvas regularmente distribuídas ao longo do seu período de crescimento. A umidade e temperatura são as variáveis ambientais mais importantes no desenvolvimento e crescimento da cultura (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2020). Dogan *et al.* (2011) também observaram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, em que a restrição hídrica no florescimento diminuiu o ciclo de materiais de canola. A restrição hídrica atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e, com isso, as plântulas de canola, nas condições de baixa umidade, apresentam menor desenvolvimento, ocorrendo, assim, menor acúmulo de biomassa seca (COSTA *et al.*, 2020), enquanto elevadas temperaturas, acima de 30° C, reduzem o crescimento e ciclo das plantas (HERTEL, 2012). Em contrapartida, nas últimas épocas de semeadura, as baixas temperaturas proporcionaram o alongamento do ciclo pelo desenvolvimento lento das plantas (FIGURA 1A e TABELA 2).

Do mesmo modo que o ciclo, o subperíodo dias da emergência ao florescimento (DEF) também é altamente influenciado pelo clima. Podem-se observar diferenças no DEF, ao se comparar os materiais, em todas as épocas de semeadura, cuja última época da safra 2019 aumentou o período entre a emergência e o início do florescimento. A terceira época, em 2019, apresentou DEF médio de 44 dias e a sexta época, em 2021, DEF médio de 54 dias (TABELA 3).

Tabela 3 - Dias da emergência ao florescimento (DEF) em função dos diferentes híbridos e épocas de semeadura

Híbridos	Épocas de semeadura						Média
	15/02/19	28/02/19	20/03/19	09/04/19	22/02/21	11/03/21	
ALHT B4	52 aB ¹	54 aA	49 aB	60 cA	50 cB	55 aA	53 b
Diamond	40 bC	40 bC	42 bC	77 aA	50 cC	55 aB	51 b
Nuola 300	56 aB	56 aB	49 aC	65 bA	68 aA	55 aB	58 a
Hyola 571 CL	53 aB	47 bC	44 bC	65 bA	53 bB	53 aB	52 b
Hyola 575 CL	53 aB	45 bC	42 bC	72 aA	55 bB	50 aB	53 b
Hyola 433	42 bB	42 bB	42 bB	58 cA	63 aA	58 aA	51 b
Média	49 C	47C	44C	66 A	56 B	54 B	

CV (%): 8,2

Fonte: Da autora (2022).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na Vertical (coluna) e maiúscula na Horizontal (linha) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. CV: coeficiente de variação.

Os híbridos precoces, Diamond, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL, conseqüentemente, apresentam menores intervalos, em cada subperíodo, comportamento já esperado, uma vez que os mesmos híbridos apresentaram, em média, os menores ciclos (TABELA 2). O híbrido Nuola 300, mesmo sendo classificado como precoce, teve maior DEF, quando comparado aos demais materiais, mostrando maior sensibilidade, quanto às variações climáticas, no decorrer das épocas de semeadura (TABELA 3).

Da mesma forma que o ciclo (TABELA 2), o DEF também alongou para todos os híbridos, na quarta época de semeadura. Esse comportamento ocorreu pelo efeito ambiente sobre o desenvolvimento dos materiais, sendo a baixa precipitação e redução de temperatura fatores climáticos que interferem no ciclo e subperíodos de desenvolvimento da canola (FIGURA 1). Laviola *et al.* (2019), em seu estudo, também verificaram menor período entre a germinação e o florescimento para o híbrido Diamond, média de 49 dias, semelhante ao encontrado neste estudo. Os autores correlacionam a precocidade do híbrido com o elevado vigor de sementes, fato esse que pode influenciar no rápido desenvolvimento das plantas. Luz *et al.* (2012) estudaram vários subperíodos da canola e sua relação com a temperatura, entre eles estão a emergência ao início da floração (EIF) e ciclo do Hyola 61 e Hyola 433 que apresentaram resultados semelhantes aos deste estudo para as três primeiras épocas. Os autores identificaram uma duração média de 58 dias, para ambos os híbridos, ao serem semeados na primeira época proposta, em seu estudo 03/04/2009, confirmando menores subperíodos do híbrido precoce, independente da época de semeadura. Esse fato corrobora, em parte, com o presente estudo, cujos híbridos Diamond, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Hyola 433 apresentaram, de forma geral, os menores subperíodos da emergência ao florescimento (DEF)

(TABELA 3), nas três primeiras épocas, em que a distribuição de chuvas foi mais regular e as temperaturas mais amenas no período entre a emergência e o florescimento (FIGURA 1).

O híbrido ALHTB4 se manteve entre os materiais com maior DEF, pelo fato de ser um material classificado como tardio. A tendência é que mantenha esse subperíodo mais longo da mesma forma que o seu ciclo. Apenas na quarta época de 2019 esse híbrido teve o DEF alongado, tal resposta se deve à redução de precipitação, durante a fase vegetativa, proporcionada pela semeadura tardia. Rosa *et al.* (2020) verificaram que, independente da época de semeadura, os híbridos de ciclo médio Hyola 50 e Hyola 61 apresentaram maior duração dos subperíodos emergência ao início do florescimento (EIF) e duração do florescimento (DFL). As variações climáticas, em especial, o aumento da temperatura e redução da disponibilidade hídrica, afetam de forma negativa a fase vegetativa dos híbridos de canola. Tomm *et al.* (2008) relataram que as características genéticas intrínsecas de cada híbrido influenciam o desenvolvimento da cultura e suas respostas em ambientes e condições climáticas distintas.

Foi observada diferença significativa, para a variável altura de plantas, apenas entre as épocas de semeadura, visto que houve maior crescimento de plantas semeadas, nas três primeiras épocas, em média, 1,4 m (TABELA 4). Esse resultado pode estar atrelado às condições climáticas variáveis, de acordo com a data de semeadura e, também ao ano agrícola, o que corrobora com resultados encontrados por Hrchorovitch *et al.* (2014), Panozzo *et al.* (2014) e Rigon *et al.* (2017), os quais citam que o atraso na semeadura da canola, independente dos híbridos, afeta negativamente a altura de plantas e o número de sementes por siliqua.

Tabela 4 - Altura média (m) em função das diferentes épocas de semeadura de canola

		Épocas de semeadura					
		15/02/2019	28/02/2019	20/03/2019	09/04/2019	22/02/2021	11/03/2021
		1,44 A ¹	1,47 A	1,42 A	1,16 B	1,02 B	0,88 C
Média Geral: 1,23							
C.V. (%): 19,8							

Fonte: Da autora (2022).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na Horizontal (linha) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. CV: coeficiente de variação.

Para o componente de produção número de síliquis por planta, pode-se observar que semeaduras tardias tendem a reduzir o número do componente, uma vez que as baixas temperaturas e precipitações (FIGURA 1) aumentam o abortamento floral. Dessa forma, pode-se observar que, ao longo do tempo, houve uma redução sucessiva e significativa no número de

síliquas por planta, já que, a cada época, houve uma redução expressiva, chegando a representar uma queda de até 35% a depender da época de semeadura (TABELA 5).

Tabela 5 - Número de síliquas por planta em função dos diferentes híbridos e épocas de semeadura de canola

Híbridos	Épocas de semeadura						Média
	15/02/19	28/02/19	20/03/19	09/04/19	22/02/21	11/03/21	
ALHT B4	1407,3 aA ¹	765,3 bB	640,7 aB	353,7 aC	191,0 aC	161,5 aC	586,5 a
Diamond	1059,3 bA	492,0 bB	590,0 aB	280,3 aC	178,0 aC	136,5 aC	456,0 b
Nuola 300	1005,5 bA	527,3 cC	735,3 aB	523,3 aC	199,0 aD	172,8 aD	527,2 a
Hyola 571 CL	954,0 bA	290,3 cC	593,7 aB	378,5 aC	149,0 aD	129,8 aD	415,8 b
Hyola 575 CL	862,0 bB	1139,3 aA	624,0 aC	378,3 aD	170,8 aE	123,5 aE	549,6 a
Hyola 433	850,5 bA	665,8 bB	572,8 aB	474,3 aB	218,0 aC	91,5 aC	478,8 b
Média	1023,1 A	646,7 B	626,1 B	398,1 C	184,3 D	135,9 D	

CV (%): 12,8

Fonte: Da autora (2022).

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na Vertical (coluna) e maiúscula na horizontal (linha) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. CV: coeficiente de variação.

Ao se comparar os híbridos, pode-se observar uma tendência de maior número de síliquas para os materiais com ciclo maior, como o ALHT B4, quando semeado na primeira época (15/02/2019). Por sua vez, na segunda época de semeadura, pode-se destacar o híbrido Hyola 575 CL, por ser o material com melhor desempenho, quando comparado aos demais, produzindo mais de 1000 síliquas por planta, mostrando ser um material estável e indicado para semeadura na segunda quinzena de fevereiro (TABELA 5). De forma geral, as condições climáticas do ano 2021 não foram favoráveis, pois a precipitação ocorrida no estabelecimento inicial e, ao longo de todo o ciclo das duas épocas, foi baixa, sendo de 161 mm e 72,2 mm respectivamente, reduzindo de maneira geral o número de síliquas por planta, em todos os híbridos, na safra 2021 (TABELA 4), quando comparado ao ano de 2019. No primeiro ano de cultivo, a precipitação acumulada, durante o ciclo das duas primeiras épocas de semeadura, foi de 565,8 mm e 335 mm (FIGURA 1).

O número de síliquas por planta é uma característica de herança quantitativa e, deste modo, é controlado por muitos genes de pequeno efeito para a expressão do caráter e fortemente responsivo a mudanças no ambiente (KRÜGER *et al.*, 2011), sendo diretamente influenciado pelos fatores que afetam o crescimento e a ramificação da planta, bem como pelas condições climáticas durante a floração e início da formação das síliquas (MORCELLI, 2014; SHIRANI-RAD *et al.*, 2014). Isso explica a redução do número de síliquas por planta, nas semeaduras tardias (TABELA 5), em que a precipitação e temperatura foram reduzidas (FIGURA 1A),

reduzindo o pegamento floral. Mendonça *et al.* (2016) relatam que condições de falta de água, durante o cultivo da canola, influenciam de forma negativa o florescimento e a formação das siliquis e grãos, visto que a principal consequência da falta de água, no período de formação dos grãos, é a abscisão das siliquis (SILVA *et al.*, 2011). Fato também observado por Estevez (2012), trabalhando sete épocas de semeadura dos híbridos Hyola 61 e Hyola 433.

O número de grãos por siliquis apresentou efeito significativo, para a interação épocas × híbridos (TABELA 6), comparando as médias de cada época de semeadura. As plantas semeadas, na quinta época (22/02/20210), apresentaram, em média, maior número de grãos por siliquis, seguida pela sexta época. Na quinta época, houve destaque para o híbrido Hyola 571 CL, que produziu, em média, 32 grãos por siliquis, seguido pelo híbrido Hyola 575 CL, da sexta época com média de 31,2 grãos por siliquis (TABELA 6). Quanto aos materiais, o híbrido ALHT B4 apresentou maior estabilidade, não diferindo o número de grãos por siliqua nas diferentes épocas de semeadura. Os híbridos de canola com ciclo longo, ao passarem por condições de estresse, tendem a reduzir o número de siliquis e aumentam o número de grãos por siliqua, fato também observado por Lima (2015), pelo maior tempo de exposição à polinização. Os resultados observados neste trabalho corroboram as variações médias de 17 a 24 grãos por siliqua, observadas em diferentes genótipos de canola (ARANEDA *et al.*, 2010; GUIMARÃES *et al.*, 2020; LAVIOLA *et al.*, 2019; YOUNG; WILEN; BONHAM-SMITH, 2004).

Tabela 6 - Número de grãos por siliquis em função dos diferentes materiais e épocas de semeadura de canola

Híbridos	Épocas de semeadura						Média
	15/02/19	28/02/19	20/03/19	09/04/19	22/02/21	11/03/21	
ALHT B4	14,9 aA ¹	14,1 aA	11,9 aA	14,5 aA	15,6 dA	11,5 bA	13,7 c
Diamond	13,4 aB	17,3 aB	13,2 aB	13,9 aB	27,6 bA	11,8 bB	16,2 b
Nuola 300	19,3 aA	14,9 aB	12,5 aB	14,9 aB	17,9 cA	21,6 bA	16,8 b
Hyola 571 CL	18,1 aB	17,6 aB	15,9 aB	16,1 aB	32,8 aA	19,5 bB	18,2 a
Hyola 575 CL	13,9 aC	16,3 aC	12,2 aC	14,9 aC	20,5 cB	31,2 aA	20,1 a
Hyola 433	16,1 aA	19,3 aA	16,8 aA	12,2 aB	12,5 dB	16,8 bA	15,6 b
Média	15,9 D	16,6 C	13,7 D	14,4 C	21,1 A	18,7 B	

CV (%): 10,2

Fonte: Da autora (2022).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na Vertical (coluna) e maiúscula na horizontal (linha) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. CV: coeficiente de variação.

As plantas semeadas, na primeira época semeadura (15/02/2019), apresentaram maior produtividade de grãos de canola (2073kg ha⁻¹) (TABELA 7). Os híbridos ALHT B4 (2462 kg ha⁻¹), Nuola 300 (2472 kg ha⁻¹) e Hyola 571 CL (2275 kg ha⁻¹) foram os materiais mais produtivos, nessa época de semeadura, indicando que essa pode ser uma época promissora para a implantação da cultura da canola na região do Campo das Vertentes - MG. As produtividades médias foram muito acima da média nacional de produção de grãos de canola, que foi de 1399 kg ha⁻¹ no ano de 2021, sendo também maior que a previsão para o ano de 2023 de 1743 3kg ha⁻¹ (CONAB, 2023).

Tabela 7 - Produtividade de grãos de canola (kg/ha) em função das diferentes épocas de semeadura e híbridos de canola

Híbridos	Épocas de semeadura						Média
	15/02/19	28/02/19	20/03/19	09/04/19	22/02/21	11/03/21	
ALHT B4	2461,7 aA	861,8 cD	1371,1 bC	562,2 aD	1669,9 aB	1167,2 aC	1348,9 b
Diamond	1980,7 bA	766,5 cD	1568,8 bB	699,0 aD	1212,3 bC	882,8 aD	1185,1 c
Nuola 300	2471,9 aA	1649,9 aB	1876,6 aB	478,8 aC	1693,5 aB	814,5 aC	1497,5 a
Hyola 571 CL	2234,5 aA	583,5 cB	1987,2 aA	854,9 aB	842,8 bB	819,7 aB	1220,4 c
Hyola 575 CL	1653,5 bA	1738,1 aA	1599,4 bA	732,5 aB	1756,9 aA	653,0 aB	1355,6 b
Hyola 433	1633,9 bA	1314,4 bA	1422,3 bA	577,5 aC	1275,3 bA	945,8 aB	1194,9 c
Média	2072,7 A	1152,3 D	1637,5 B	650,8 F	1408,5 C	880,5 E	
CV (%): 18,5							

Fonte: Da autora (2022).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na Vertical (coluna) e maiúscula na horizontal (linha) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. CV: coeficiente de variação.

De forma geral, o híbrido mais produtivo foi o Nuola 300, com média geral de 1497 kg ha⁻¹ de grãos, havendo oscilações entre as épocas de semeadura. Por sua vez, o híbrido Hyola 575 CL apresentou maior estabilidade produtiva, em quatro épocas (15/02/2019, 28/02/2019, 20/03/2019 e 22/02/2021), o que mostra ser um material com maior adaptabilidade e podendo ser utilizado, em uma janela maior de semeadura, no período de “safrinha”. Para os demais híbridos, houve maior flutuação entre as épocas de semeadura (TABELA 7). As menores produtividades foram observadas na semeadura realizada em 09 de abril de 2019 e em 11 de março de 2021 e 28/02/2019. Esse resultado ocorreu pelo menor número de síliquas por planta, aliado à condição climática desfavorável para o florescimento e desenvolvimento das síliquas (TABELAS 7 e 5). Diversos estudos realizados em outras regiões do país mostram que atrasos nas semeaduras provocam redução na produtividade (MELGAREJO *et al.*, 2014; NOBRE *et al.*, 2021; ROSA *et al.*, 2020; SANCHES *et al.*, 2014; SANTIAGO *et al.*, 2022), como observado neste trabalho.

Diferentes pesquisadores relatam que diferentes híbridos de canola respondem às épocas de semeadura, pois, de forma geral, o cultivo realizado entre a primeira quinzena de fevereiro e a primeira quinzena de março, na região Centro Sul do Brasil, são os que obtiveram as melhores respostas em produtividade (MELGAREJO *et al.*, 2014; NOBRE *et al.*, 2021; ROSA *et al.*, 2020; SANCHES *et al.*, 2014; SANTIAGO *et al.*, 2022). No Zoneamento Agroclimático da Canola (ZARC, 2021), é relatado que os meses de fevereiro e março se apresentam como melhores épocas de cultivo, a depender do ciclo do híbrido a ser utilizado. Ainda, de acordo com o ZARC (2021), o déficit hídrico compromete principalmente a produtividade de grãos quando ocorre no estabelecimento da cultura e na floração/enchimento de grãos.

Os resultados mostram a possibilidade de se cultivar a canola, na região do campo das vertentes - MG, o que pode criar novas oportunidades para os produtores de grãos da região, uma vez que essa é a terceira oleaginosa com maior importância no cenário mundial de produção de óleos comestíveis (USDA, 2023). No Brasil, a sua expansão está em andamento, porém há necessidade de suporte em pesquisas, para entender o comportamento da cultura e investimentos, em programas de melhoramento genético, por meio de ferramentas como de análises de trilha, que permitam identificar caracteres e suas correlações, a fim de proporcionar ganhos significativos de produtividade e consequente expansão da área cultivada (CARVALHO *et al.*, 2002; LOPES *et al.*, 2002; SANTIAGO *et al.*, 2022; WRIGHT, 1921).

Quanto ao teor de óleo, houve diferença significativa entre os híbridos, em quatro épocas diferentes (15/02/2019, 28/02/2019, 22/02/2021 e 11/03/2021) (TABELA 8), sendo o híbrido Hyola 575 CL com maior estabilidade entre os híbridos e entre as épocas, mantendo um teor de óleo de 27,9 %. Entre as épocas de semeadura, as plantas cultivadas na segunda época apresentaram maior porcentagem de óleo, em média, 30,9%. Assim, semeaduras tardias refletem não somente nos componentes de produção e produtividade, mas também na redução do teor de óleo presente nos grãos de canola, uma vez que o déficit hídrico aliado a elevadas temperaturas influencia na formação de ácidos graxos (SI *et al.*, 2003), o oposto do que se observa na região Sul, onde, por causa das temperaturas amenas, o teor de óleo em grãos de canola pode chegar até 45% (TOMM, 2006).

Tabela 8 - Teor de óleo (%) em função de diferentes híbridos de canola em seis épocas de semeadura

Híbridos	Épocas de semeadura						
	15/02/19	28/02/19	20/03/19	09/04/19	22/02/21	11/03/21	Média
ALHT B4	30,3 aB	35,7 aA	28,3 aC	24,9 aD	13,2 cE	23,3 bD	25,9 b
Diamond	22,9 bB	24,6 cB	27,9 aA	24,7 aB	11,4 cC	21,6 bB	22,2 c
Nuola 300	29,8 aA	30,8 bA	29,1 aA	27,7 aA	17,2 cB	12,5 cC	24,5 b
Hyola 571 CL	28,9 aA	30,8 bA	29,2 aA	27,4 aB	25,3 bB	25,8 aB	28,7 a
Hyola 575 CL	29,2 aA	31,9 bA	28,1 aA	25,3 aA	28,9 aA	28,5 aA	27,9 a
Hyola 433	30,3 aA	31,7 bA	28,9 aA	24,1 aB	26,8 bB	10,6 cC	24,4 b
Média	28,6 B	30,9 A	28,6 B	25,7 C	20,5 D	20,4 D	

CV (%): 4,3
Média Geral: 25,7

Fonte: Da autora (2022).

Nota: ¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na Vertical (coluna) e maiúscula na horizontal (linha) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. CV: coeficiente de variação.

Para a produtividade de óleo por hectare, as menores médias foram obtidas na quarta, quinta e sexta épocas, período que compreende algumas das menores médias produtivas de grãos (kg/ha), muito atrelado à baixa disponibilidade hídrica (TABELA 9). Entre os híbridos, a maior produção de óleo foi obtida por Hyola 575 CL (394,8 kg ha⁻¹) e Nuola 300 (385,5 kg ha⁻¹) respectivamente (TABELA 9).

Tabela 9 - Produtividade de óleo (kg ha⁻¹) em função de diferentes híbridos de canola em seis épocas de semeadura

Híbridos	Épocas de semeadura						
	15/02/19	28/02/19	20/03/19	09/04/19	22/02/21	11/03/21	Média
ALHT B4	745,9 aA	288,5 cB	388,4 bB	140,1 aC	217,6 cC	271,9 aB	342,0 b
Diamond	457,8 cA	188,9 dB	438,5 bA	171,7 aB	135,8 cB	190,8 aB	263,9 d
Nuola 300	736,7 aA	506,4 aA	546,1 aA	132,8 aB	291,2 bA	96,8 bB	385,5 a
Hyola 571 CL	646,5 bA	179,8 dB	579,8 aA	234,5 aB	214,1cB	211,1 aB	344,3 b
Hyola 575 CL	483,5 cA	555,7 aA	449,6 bA	186,0 aB	508,4 aA	185,9 aB	394,8 a
Hyola 433	494,6 cA	417,0 bB	411,1 bB	139,4 aC	341,9 bB	100,7 bC	317,5 c
Média	594,1 A	356,1 C	468,9 B	167,4 E	285,3 D	176,2 E	

CV (%): 18,1

Fonte: Da autora (2022).

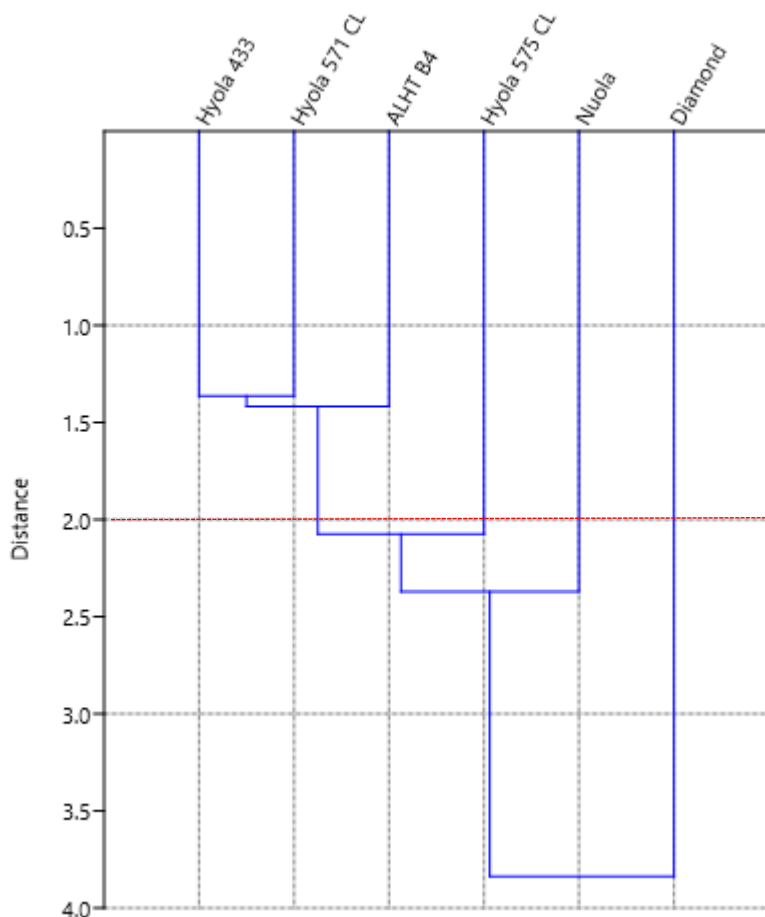
Nota: ¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na Vertical (coluna) e maiúscula na horizontal (linha) não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. CV: coeficiente de variação.

Da mesma forma que a restrição hídrica e a oscilação em temperatura afetam os componentes agrônômicos, o mesmo ocorre também para a partição química dos grãos, afetando a produção de óleo por hectare, quando a planta passa por períodos de estresse, como

ocorrido nas três últimas épocas de semeadura (TABELA 9). Para Si *et al.* (2003), a fotossíntese realizada pela parede das siliquis, durante o processo de enchimento de grãos, é significativamente reduzida em condições de estresse ambiental. Os autores relatam que a disponibilidade hídrica e temperaturas entre 10 e 25 °C são requisitos ambientais fundamentais, para as atividades fisiológicas das plantas, como o transporte de fotoassimilados e formação de ácidos graxos, presentes na constituição do óleo extraído da canola.

No que concerne à análise de agrupamentos, com a aplicação do método Clássico, foi obtido o dendrograma, como mostra a Figura 2, para os valores médios de quatro parâmetros, sendo considerado o ciclo total (CT), produtividade de grãos (kg ha^{-1}), teor de óleo dos grãos (%) e produtividade de óleo por hectare (kg ha^{-1}). Como pode ser visualizado, de forma inicial, podem ser indicados 4 (quatro) grupos, a partir da variância existente entre os referidos híbridos de canola.

Figura 2 - Dendrograma de dissimilaridade fenotípica



Fonte: Da autora (2022).

Os híbridos Diamond (grupo 1), Nuola 300 (grupo 2) e Hyola 575 CL (grupo 3) possuem valores mais discrepantes e foram classificados, em um grupo distinto cada, mais distante do outro agrupamento, principalmente o híbrido Diamond. O outro grupo corresponde aos híbridos Hyola 433, Hyola 571 CL e ALHT B4 (grupo 4) de menores distâncias Euclidianas (FIGURA 2).

Considerando o comportamento gerado no dendrograma, nota-se que o híbrido Diamond, foi o mais isolado e distante (FIGURA 2), por apresentar valores abaixo da média dos quatro parâmetros avaliados. Contudo os híbridos Nuola 300 e Hyola 575 CL destacaram positivamente, com valores acima da média dos parâmetros avaliados, sendo o carácter produtividade de grãos (kg ha^{-1}), para o híbrido Nuola 300, o que apresentou maiores valores médios e o carácter produtividade de óleo (kg/ha) para Hyola 575 CL, destacando valores médios acima dos demais híbridos de canola.

5 CONCLUSÃO

A semeadura de canola, no Campo das Vertentes-MG, deve ser realizada até o mês de março, com precipitações médias, durante o ciclo de, no mínimo, 300 mm. Posterior à essa época, as condições de estresse abiótico se acentuam, com baixas precipitações, comprometendo a produtividade e componentes agronômicos independente do híbrido de canola;

Entre os híbridos de canola destacam-se o Nuola 300 e Hyola 575 CL, que apresentaram maiores produtividade de grãos e de óleo por hectare, respectivamente, sendo dois híbridos de canola com potencial de serem explorados na região do campo das vertentes - MG, considerando as épocas de semeadura avaliadas e as condições ambientais.

REFERÊNCIAS

- ARANEDA, X. D. *et al.* Evaluation of yield component traits of honeybee pollinated (*Apis mellifera* L.) rapeseed canola (*Brassica napus* L.). **Chilean Journal of Agricultural Research**, Santiago de Chile, v. 70, p. 309-314, 2010.
- CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola Grower's manual**. Disponível em: https://www.uscanola.com/wp-content/uploads/2019/07/Canola_Grower_Manual_FINAL_reduce.pdf/. Acesso em: 19 jan. 2023.
- CARVALHO, C. G. P. D. *et al.* Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 311-320, 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim safra grãos 2023**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 5 jan. 2023.
- COSTA, A. C. T. *et al.* Comportamento de dois híbridos de canola cultivados em diferentes épocas na região oeste do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, p. 72498-72510, 2020.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. D.; FERREIRA, E. Climatic classification and tendencies in Lavras region, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1862-1866, 2007.
- DOGAN, E. *et al.* Supplemental irrigation effect on canola yield components under semiarid climatic conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, p. 1403-1408, 2011.
- ESTEVEZ, R. L. **Características agronômicas e produção de óleo de dois híbridos de canola (*Brassica napus* var. *oleifera*) em diferentes épocas de semeadura**. 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2012.
- ESTEVEZ, R. L. *et al.* A cultura da canola (*Brassica napus* var. *oleifera*). **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, p. 109-112, 2014.
- GUIMARÃES, C. G. *et al.* Canola no Cerrado: performance de híbridos para incorporação no sistema de cultivo sob irrigação. *In*: ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA, 6., 2020, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 44-48.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RAYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, Oslo, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

HERTEL, K. Module 7: harvest management. *In*: AUSTRALIAN OILSEEDS FEDERATION. **Better canola**: canola technology update for growers and advisors. Sydney: Australian Oilseeds Federation, 2012. v. 2, p. 6-65.

HRCHOROVITCH, V. A. *et al.* Desempenho agrônômico de híbridos de canola em diferentes épocas de semeadura em Dois Vizinhos, PR. *In*: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA, 1., 2014, Passo Fundo. **Anais** [...]. Passo Fundo: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140438/1/ID43594-2014SLACPoster39.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Mapas de estações meteorológicas**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 7 jan. 2023.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives**. Oxford: IUPAC, 1979.

KRUGER, C. A. M. B. *et al.* Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1448-1453, 2011.

LAVIOLA, B. G. *et al.* **Performance de genótipos de canola nas condições de Cerrado**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2019. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECAE).

LIMA, L. H. S. **Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de canola em diferentes épocas de semeadura**. 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

LOPES, Â. C. D. A. *et al.* Variability and correlations among traits in soybean crosses. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 341-348, 2002.

LUZ, G. L. *et al.* Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p. 1549-1555, 2012.

MELGAREJO, A. M. *et al.* Características agrônômicas e teor de óleo da canola em função da época de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 934-938, 2014.

MENDONÇA, J. Á. *et al.* **Canola (*Brassica napus* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 2016.

MORCELI, A. **Doses de fósforo e de potássio, seleção de genótipos de canola para produção de grãos e de óleo**. 2014. 63 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Grande Dourados, Dourados, 2014.

- NOBRE, A. L. *et al.* Tropicalização da canola (*Brassica napus* L.): híbridos comerciais apresentam potencial para cultivo no Cerrado brasileiro. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, Cuyo, v. 53, p. 20-26, 2021.
- 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**, Sapele, v. 9, p. 2488-2494, 2014.
- RIGON, C. A. G. *et al.* Características agronômicas, rendimento de óleo e proteína de canola em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, Brasília, DF, v. 1, n. 2, p. 124-132, 2017.
- ROSA, W. B. *et al.* Influência de épocas de semeadura nos subperíodos e desempenho agronômico de híbridos de canola. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, p. 65774-65788, 2020.
- SANCHES, A. C. *et al.* Produtividade da canola sob irrigação e doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, p. 688-693, 2014.
- SANTIAGO, A. C. *et al.* Path analysis and near-infrared spectroscopy in canola crop. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, n. 6, 2022. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:FYXaDGOjMJ8J:https://www.scielo.br/j/cr/a/QPhnVKhGCyLSRJLYpQn76Dg/%3Flang%3Den&cd=4&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- SANTOS, H. G. dos *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/solos/sibcs>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- SHIRANI-RAD, A. *et al.* Effects of planting date on spring rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under different irrigation regimes. **Turkish Journal of Field Crops**, Konak, v. 2, p. 153-157, 2014.
- SI, P. *et al.* Influence of genotype and environment on oil and protein concentrations of canola (*Brassica napus* L.) grown across southern Australia. **Australian Journal Agricultural Resource**, Sydney, v. 54, 397-407, 2003.
- SILVA, J. A. G. *et al.* Dessecação em pré-colheita como estratégia de manejo na redução de perdas por fatores de ambiente em canola. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, p. 151-158, 2011.
- TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. (Sistema de Produção INFOTECA-E).
- 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. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 65).

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Oilseeds**: world markets and trade. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

WRIGHT, S. Correlação e causalidade. **Journal of Agricultural Research**, Washington, DC, v. 20, p. 557-585, 2021.

YOUNG, L.; WILEN, R. W.; BONHAM-SMITH, P. C. High temperature stress of *Brassica napus* during flowering reduces micro- and megagametophyte fertility, induces fruit abortion, and disrupts seed production. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p. 485-495, 2004.