

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Mateus Leonardi

PRODUTIVIDADE DA CANOLA SOBRESSEMEADA À SOJA

Santa Maria, RS
2019

Mateus Leonardi

PRODUTIVIDADE DA CANOLA SOBRESSEMEADA À SOJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau em **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein

Santa Maria, RS

Leonardi, Mateus
Produtividade da canola sobresemeada à soja / Mateus
Leonardi.- 2019.
57 p.; 30 cm

Orientador: Arno Bernardo Heldwein
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2019

1. Brassica napus 2. Sistema de implantação 3.
Implantação de cultivos 4. Produtividade I. Heldwein,
Arno Bernardo II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2019

Todos os direitos autorais reservados a Mateus Leonardi.

Endereço eletrônico: mateus-leonardi@hotmail.com

Mateus Leonardi

PRODUTIVIDADE DA CANOLA SOBRESSEMEADA À SOJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau em **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 24 de julho de 2019:

Arno Bernardo Heldwein, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Astor Henrique Nied, Dr. (UFSM)

Jorge Alberto de Gouvêa, Dr. (EMBRAPA-Trigo)

Santa Maria, RS
2019

Nada grandioso
se constrói da noite
para o dia, mas sim na
persistência e fé de se colocar
tijolo por tijolo
diariamente.

(Gustavo Lacombe)

Dedico

A Deus pela vida.

A minha mãe Eliane e ao meu pai Paulo.

A minha irmã Paola.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder a vida e proporcionou a mim grandes oportunidades.

À minha mãe Eliane e ao meu pai Paulo, por serem meus exemplos de coragem e determinação, que me incentivaram e batalharam para que pudessem me oferecer um futuro melhor, apoiando nas minhas decisões. À minha irmã Paola pelo amor, confiança, incentivo e apoio em todos os momentos.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por proporcionar-me a oportunidade de crescimento intelectual e pessoal.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos, possibilitando dedicação integral a realização desse trabalho.

Ao professor Dr. Arno Bernardo Heldwein, pela orientação, disposição, confiança, paciência, profissionalismo exemplar e contribuição para o meu crescimento pessoal e intelectual durante minha trajetória acadêmica, especialmente durante a realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Evandro Zanini Righi (*in memoriam*) pela amizade e pelos ensinamentos transmitidos no período em que foi meu orientador.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial ao João Colpo, Ronaldo e Beto, pela ajuda nos trabalhos de campo e amizade.

Aos colegas e amigos do Setor de Agrometeorologia do Departamento de Fitotecnia da UFSM, Adriana Amarante, Andressa Puhl, Bruno Milanese, Cadmo Santos, Daniella Salvadé, Dionéia Lucas, Jocélia Rosa da Silva, Gabriel Brixner, Leidiana da Rocha, Luis Loose, Mateus Bortoluzzi, Paulo Eugenio Schaefer, Samuel Kovaleski, Silvane Brand, pelos ensinamentos, amizade, auxílio na condução dos experimentos e pelos momentos de descontração.

Aos amigos da casa 80 e Estancia do Cinamomo com quem divido os momentos de descontração e lazer.

Aos colegas e amigos Carina, Charles, Eduardo, Géssica, Jéssica, Jocélia, Leandro Uilian, e Silvia pelo incentivo e alegrias por eles proporcionados.

Aos familiares, amigos e demais pessoas não mencionadas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Meu muito obrigado!

RESUMO

PRODUTIVIDADE DA CANOLA SOBRESSEMEADA À SOJA

AUTOR: Mateus Leonardi

ORIENTADOR: Arno Bernardo Heldwein

A sobressemeadura é uma técnica que consiste na distribuição a lanço de sementes da cultura subsequente antes do final do ciclo da cultura que está no campo em desenvolvimento, especialmente para as culturas anuais de verão, possibilitando a germinação e estabelecimento da cultura a ser explorada anteriormente a colheita da cultura em final de ciclo, repercutindo em um ganho significativo no tempo. A utilização desta técnica possibilita a intensificação dos sistemas de cultivos, permitindo mais safras em menos tempo para próxima safra. Este trabalho teve como objetivo verificar se é possível estabelecer a canola em sobressemeadura nos estádios fenológicos R5 e R7 da soja na região Central do Rio Grande do Sul. O estudo foi realizado no ano agrícola de 2018, no campo experimental da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Utilizou-se o delineamento blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4, com 4 repetições, sendo o fator densidade na parcela principal 3 kg ha⁻¹ (recomendado para a cultura no método em semeadura em linha), 6 kg ha⁻¹, 12 kg ha⁻¹ e 18 kg ha⁻¹ e o fator estágio de desenvolvimento da cultura da soja (R5 e R7), sendo também implantada uma testemunha semeada em plantio direto seguindo a recomendação para a cultura imediatamente após a colheita da soja. Durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de canola, foi determinado o estande inicial de plantas, sendo que a partir de densidade de 6 kg ha⁻¹ foi alcançada a densidade de plantas recomendada para a cultura. Quando as plantas de canola atingiram maturação foi realizada a colheita dos tratamentos, sendo mensurados os componentes de rendimento e determinada a produtividade, tendo como melhor tratamento, para Santa Maria, a sobressemeadura de 6 kg ha⁻¹ realizada no estágio R7 da soja.

Palavras-chave: *Brassica napus*, sistema de implantação, implantação de cultivos, sobressemeadura.

ABSTRACT

PRODUCTION OF CANOLA OVERSOWING TO SOY

AUTHOR: Mateus Leonardi

ADVISER: Arno Bernardo Heldwein

Oversowing is a technique which consists in the spreading of seeds of the subsequent crop before the end of the crop cycle that is in the developing field, especially for annual summer crops, allowing the germination and establishment of the crop to be explored prior to harvesting, crop harvest at the end of the cycle, resulting in a significant gain in time. The use of this technique allows intensification of the cropping systems, allowing more harvests in less time for the next harvest. The objective of this study was to verify if it is possible to establish canola in soybean oversowing when it is found in the R5 and R7 phenological stages in the central region of the Rio Grande do Sul State. The study was carried out in the agricultural year of 2018, in the experimental field of the Federal University Santa Maria, Santa Maria, RS. A randomized complete block design was used, in a 2 x 4 factorial scheme, with 4 replications, being the density factor in the main plot 3 kg ha⁻¹ (recommended for row sowing), 6 kg ha⁻¹, 12 kg ha⁻¹ and 18 kg ha⁻¹ and the soybean crop development stage factor (R5 and R7), and a control sown under no-tillage was also implemented following the recommendation for the crop immediately after the soybean harvest. During the canola plant development cycle, the initial plant stand was determined, and from the density of 6 kg ha⁻¹ the recommended plant density for the crop was reached. When the canola plants reached maturity, the treatments were harvested, yield components were measured and yield was determined. The best treatment for Santa Maria was the 6 kg ha⁻¹ overgrowth performed at soybean R7 stage.

Key words: *Brassica napus*, deployment system, deployment of crops, germination, Oversowing.

LISTA DE QUADRO

QUADRO 1 – Contrastes ortogonais nas épocas de sobresemeadura R5, R7 e Testemunha, em Santa Maria, RS.	35
--	-----------

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1-** Temperaturas mínimas (T_{min} , °C) e máximas diárias do ar ($T_{máx}$, °C), radiação solar incidente ($MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$) e precipitação pluvial (Chuva, mm) no período compreendido entre 5 dias antes da primeira sobressemeadura à soja (01/03/18; soja no estágio R5) até a última colheita da canola (30/09/2018), em Santa Maria, RS..... 36
- FIGURA 2–** Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente no topo do dossel da soja (RFAi), RFA transmitida pelo dossel da soja ou incidente na canola (RFA_t), transmissividade da RFA medida e estimada (RFA_t/RFAi; %) para os dias 19/03, 20/03, 21/03, 28/03, 29/03, 30/03, 31/03 e 01/04/ no período subsequente a emergência (EM) da canola sobressemeada à soja nos estágios R5 e R7, em Santa Maria, RS 38
- FIGURA 3 -** Temperaturas mínimas (T_{min} , °C) e máximas diárias do ar ($T_{máx}$, °C), radiação solar incidente ($MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$) e precipitação pluvial (Chuva, mm) no período compreendido entre as sobressemeadura (S) em R5 e R7, com indicação das respectivas datas de emergências da canola (EM.R5 e EM.R7), até a colheita da soja (12/04/2018), em Santa Maria, RS. 39
- FIGURA 4 –** Número de Plantas estabelecidas de canola por metro quadrado após a colheita da soja em parcelas onde a sobressemeadura da canola ocorreu nos estágios R5 e R7 da soja, para as densidades de semente de canola de 3, 6, 12 e 18 kg ha⁻¹, em Santa Maria, RS..... 40
- FIGURA 5 –** Índice de área foliar (IAF) da canola no estágio de pleno florescimento, em função das densidades de sementes de 3, 6, 12 e 18 kg ha⁻¹, em duas épocas de sobressemeadura à soja nos estágios R5 e R7, em Santa Maria, RS 41

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 – Média da altura de plantas (Altura, m), massa seca de parte aérea (MSPA, g), massa seca de vinte siliquas (MS20S, g), média do número de grãos por siliqua (NG), número de siliquas por planta (NS/P), massa de cem grãos (M100G, g) e comprimento de siliqua (CS, cm) de plantas de canola sobressemeadas em diferentes estádios de desenvolvimento da soja..... 42**
- TABELA 2 – Contrastes ortogonais para a produtividade de canola nas épocas de sobressemeadura R5, R7 e Testemunha e sua média obtida (kg ha⁻¹), em Santa Maria, RS. 44**

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A- ENROLAMENTO NA BASE DO CAULE DE PLANTAS DE CANOLA NO ESTÁDIO DE ELONGAÇÃO DO BOTÃO FLORAL SOBRESSEMEADA QUANDO A SOJA ATINGIU O ESTÁDIO R5 (A, B), E BASE DO CAULE DE PLANTAS NO ESTÁDIO DE ALONGAMENTO DA HASTE FLORAR DE PLANTAS DE CANOLA SOBRESSEMEADA QUANDO A SOJA ATINGIU O ESTÁDIO R7 (C, D); SANTA MARIA, RS, 2018.	53
APÊNDICE B – QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL CONTAGEM DE PLANTA APÓS COLHEITA DA SOJA (PL m ⁻²), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA (EP) E DENSIDADE DE SOBRESSEADURA NO ANO DE 2018. SANTA MARIA, RS, 2019.	54
APÊNDICE C - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL ÍNDICE DE AREA FOLIAR (IAF) NO ESTÁDIO DE PLENA FLORAÇÃO DA CANOLA, EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA (EP) E DENSIDADE DE SOBRESSEADURA NO ANO DE 2018. SANTA MARIA, RS, 2019.	54
APÊNDICE D - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS ALTURA, MATÉRIA SECA DE PARTE AÉREA, PESO DE 20 SÍLIQUAS, NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA, NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA, MASSA DE 100 GRÃOS E COMPRIMENTO DE SÍLIQUA DE PLANTAS DE CANOLA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA (EP) E DENSIDADE DE SOBRESSEADURA NO ANO DE 2018. SANTA MARIA, RS, 2019.	55
APÊNDICE E – QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL PRODUTIVIDADE DE CANOLA OBTIDO PELO MÉTODO DOS CONTRASTES ORTOGONAIS, NO ANO DE 2018. SANTA MARIA, RS, 2019.	57

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, AGRONÔMICAS E UTILIZAÇÕES DA CANOLA.....	17
2.2 CONTEXTO ATUAL DA CANOLA.....	19
2.3 DENSIDADE DE SEMEADURA	21
2.4 GERMINAÇÃO.....	24
2.5 ESTANDE DE PLANTAS	26
2.6 SEMEADURA E SOBRESSEMEADURA DA CANOLA.....	27
2.7 HIPÓTESES.....	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5. CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
APÊNDICES	53

1. INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil, após a colheita das culturas de verão, os produtores dão início à semeadura de cereais de inverno, como trigo, cevada, aveia, cultivos forrageiros e mais recentemente da canola. A introdução dessas culturas, além da questão socioeconômica, possui importante papel agrônômico nos sistemas de produção agrícolas, associados com a rotação de culturas, com efeitos sobre fitossanidade, controle de plantas invasoras, conservação do solo, ciclagem de nutrientes do solo, diferentes arquiteturas radiculares e seu efeito sobre a estrutura de solo, acúmulo de matéria orgânica e o modo e a intensidade no uso das máquinas agrícolas. Portanto, mesmo perante a incerteza de rentabilidade, associada aos riscos climáticos típicos do inverno, as semeaduras nesta época do ano são imprescindíveis, considerando estes benefícios indiretos. As semeaduras podem ser realizadas após a colheita da cultura antecessora incorporando as sementes no solo, por meio de máquinas semeadoras, ou pelo lançamento das sementes da cultura sucessora, sobre a cultura antecedente em fase final de ciclo, de modo manual ou mecanizado, por via terrestre ou lançamento aéreo.

A sobressemeadura é uma prática tradicional para o estabelecimento de cultivos de inverno, com vistas, especialmente, para a rotação de culturas e/ou formação de pastagens. Independente da cultura em que for realizada, a sobressemeadura traz a vantagem da antecipação na cobertura da superfície do solo em até três semanas nas áreas destinadas ao pastejo, sendo muito utilizada na região Sul do País, em função da pouca oferta de alimento para os animais durante o inverno. Esta prática demanda maior quantidade de sementes quando comparada à semeadura em linha, visto que das sementes que são lançadas sobre o dossel da cultura antecedente, apenas uma parte entra em contato direto com a superfície do solo, sendo o restante sujeitas a ficarem depositadas sobre restava, ou eventuais folhas caídas, ficando mais expostas às intempéries e/ou predadores, em comparação com a semeadura que incorpora as sementes no solo.

Em algumas lavouras é comum a formação natural de culturas de inverno após a colheita da safra de verão, onde as sementes da safra invernal antecedente, que permaneceram em dormência no solo, germinam após a colheita do milho e da soja. Entretanto, esta prática exige muita atenção no manejo ao longo das safras em função da dinâmica dos animais sobre a área, que podem gerar desuniformidades nestas formações naturais de inverno e também, ao longo do tempo, abrir espaço para o crescimento e o desenvolvimento de plantas invasoras.

A prática da sobressemeadura pode assegurar a cobertura do solo, e a formação de um dossel com o predomínio de espécies desejadas, para tanto, é fundamental que a seja bem realizada. No caso da soja como cultura antecedente, a sobressemeadura deve ser realizada no início da queda das folhas para favorecer que maior número de sementes entrem em contato direto com o solo e na medida em as folhas senescentes caíam, venham a cobrir as sementes depositadas formando um microambiente mais adequado ao processo de germinação e estabelecimento das plântulas.

Dois problemas podem ocorrer na semeadura de culturas de inverno, utilizando as semeadoras de linha que incorporam as sementes no solo, o primeiro se relaciona com eventual sobreposição ou competição para a utilização das máquinas, equipamentos e mão de obra, entre as operações de semeadura e colheita, e o segundo com a possibilidade de ocorrerem atrasos no estabelecimento da cultura subsequente à cultura de verão, em anos com chuvas em excesso ou prolongadas que venham a impedir a operação com as máquinas semeadoras de colheita. Portanto, o interesse do uso da prática da sobressemeadura entre os produtores rurais, se relaciona com os benefícios agrônômicos associados a esta prática, em que se destaca a agilidade no processo de semeadura por lançamento das sementes e rapidez no processo de semeadura.

Eventuais períodos de tempo entre a colheita da cultura de verão, gerados por necessidade de espera de condições climáticas, de solo, ou disponibilidade de máquinas, podem contribuir para a diminuição da cobertura da palha na superfície, preocupação permanente relacionada à conservação do solo. A emergência e o estabelecimento das plantas da cultura sucessora, ainda com a cultura antecessora em fase de maturação, permite a transição entre as culturas dentro do sistema de produção, em momento em que ainda existe volume de palha da cultura senescente, associado a um estande emergente de plantas da cultura sucessora. Este fenômeno pode auxiliar na velocidade da cobertura do solo e na supressão de plantas invasoras, em função da rápida ocupação do espaço gerado pela espécie de interesse. Em relação a este benefício, de modo geral, tem-se obtido êxito no estabelecimento de uma população de plantas suficiente para proteger e melhorar o solo, com a prática de sobressemeadura de nabo forrageiro sobre à soja, consorciado a alguma gramínea ou não. Entretanto, para a sobressemeadura em soja, utilizando a cultura da canola, faltam informações básicas e não existem dados para esta operação nas condições brasileiras. Especialmente, relacionadas com a densidade de sementes necessária para a sobressemeadura, que venha a permitir o estabelecimento de uma

população de plantas que melhor relacione a capacidade de competição desta espécie, dentro das adversidades bióticas e abióticas, nesta época do ano. Da mesma forma, não existem informações a respeito da fase fenológica da soja, que melhor favoreça o estabelecimento da cultura da canola sobressemeada.

1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo da prática da sobressemeadura pode permitir a antecipação da semeadura e estabelecimento da cultura subsequente, resultando em agilidade na semeadura da cultura invernal, ganho de tempo no estabelecimento da cultura subsequente e, em consequência, intensificar sistemas agrícolas de produção de grãos (MARIA et al., 2012). Esta prática agrícola também possibilita diminuir as operações com máquinas e maior ciclagem de nutrientes, visto que a cultura subsequente se estabelecerá ainda no final do ciclo da cultura antecessora, cobrindo parcialmente o solo, melhorando sua proteção contra a erosão, desenvolvendo raízes ativas, que reduzem a perda de nutrientes por lixiviação no período em que o solo fica desprotegido, até que as novas plantas se estabelecem. Além disso, as plantas já estabelecidas no momento da colheita aproveitam melhor os nutrientes liberados pelos restos culturais da cultura antecessora (PACHECO et al., 2008).

Outro benefício da sobressemeadura é proporcionar a conservação do solo, uma vez que o mesmo não terá nem o revolvimento mínimo causado pela semeadura direta na palha e nem ficará desprotegido no período entre a colheita da cultura antecessora e o estabelecimento da próxima (Moreira e Reis, 2007).

A cultura da canola tem área de cultivo crescente na Região Sul do País, mas igualmente importante é o seu potencial para ser uma cultura de safrinha em grande parte da região Centro-Oeste e parte da região Sudeste do Brasil. Assim, a geração de informações científicas, para um embasamento tecnológico com vistas ao desenvolvimento de técnicas alternativas para a semeadura desta cultura, é fundamental para um processo de intensificação dos sistemas de produção de grãos, com esta oleaginosa. A sobressemeadura de canola em soja poderá ser uma técnica mais econômica e ecologicamente mais adequada, principalmente em períodos chuvosos onde se apresentam dificuldades de operação de máquinas, pois é realizada a lanço, com possibilidade futura de ser realizada via aérea. Os possíveis problemas advindos da

sobressemeadura (SBS) precisam ser avaliados para a tomada de decisão sobre quais condições de manejo a técnica da SBS tem viabilidade e venha a facilitar as operações e a condução do sistema de produção, com o devido retorno econômico ao produtor rural, tornando-se atrativa para a adoção da cultura da canola no seu sistema de produção.

Este trabalho dirigiu os estudos para determinar a melhor densidade de sementes de canola, a serem lançadas em dois estádios fenológicos distintos da cultura da soja, com vistas para o aumento do conhecimento e para o aprimoramento de técnicas de semeadura, que auxiliem estratégias de manejo dos cultivos de inverno. A intensificação sistemas de produção de grãos, dentro de um contexto de agricultura mais moderna e competitiva, pode auxiliar a ampliação da área cultivada com canola no Rio Grande do Sul, por meio da prática da sobressemeadura,

1.2 OBJETIVOS

Verificar a viabilidade de o cultivo da canola, na Região Central do Rio Grande do Sul, utilizando a técnica da sobressemeadura na cultura da soja.

Estabelecer entre dois estádios fenológicos da soja (R5 ou R7), qual melhor favorece o estabelecimento da cultura da canola, sobressemeada na soja.

Determinar o ganho de tempo para alcançar a colheita que a sobressemeadura traz, em relação a semeadura tradicional.

Verificar qual a densidade de sementes se mostrou mais adequada para obter a maior produtividade de grãos de canola, sobressemeada em soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, AGRONÔMICAS E UTILIZAÇÕES DA CANOLA

A canola é uma das plantas oleaginosas mais cultivadas no mundo. Faz parte da família botânica Brassicaceae e do gênero *Brassica*, sendo as espécies *Brassica napus* L. e *Brassica campestris* L. as duas mais cultivadas. É uma cultura de ciclo anual, com plantas de hábito de crescimento indeterminado, mas através do melhoramento genético já existem cultivares de hábito determinado disponíveis aos produtores. Semelhante ao nabo forrageiro, utilizado para produção de massa verde após a colheita da soja, que tem como característica desejável a raiz pivotante, a qual cresce em profundidade na medida que a planta cresce em altura, podendo atingir 1,4 m de profundidade (THOMAS e COSTA, 2010), a canola uma brássica que também traz benefícios ao melhoramento dos solos.

As plantas possuem um caule ereto e herbáceo, com altura variando de 0,5 a 1,3 m. As folhas basais, que formam a roseta e não são persistentes, possuem pecíolo curto, medem de 0,05 a 0,20 m de comprimento e são ovaladas a oblongas. Após a alongação do caule as folhas emitidas são menores, amplexicaules e lanceoladas. As flores são agrupadas em ráceros no final de caules e ramos, que apresentam como especificidade quatro sépalas distribuídas opostamente em forma de cruz, as quais se diferenciam das sépalas de *Brassica rapa* por serem maiores e de cor amarela mais clara. Apresenta quatro pétalas diagonalmente dispostas, seis estames, sendo quatro longos e dois curtos, e um pistilo. O fruto é uma síliqua quase cilíndrica, com 0,04 a 0,10 m de comprimento, que abriga as sementes que estão dispostas em fileiras (GULDEN, WARWICK, THOMAS, 2008; OECD, 2012).

O termo canola é a marca registrada industrial para CANadian Oil Low Acid e, em 1986 houve uma adoção deste termo, que passou a atender a uma definição estritamente regulamentada internacionalmente. O programa de melhoramento, iniciado a 60 anos no Canadá a partir da colza, levou 16 anos para alcançar o objetivo principal, que era de obter genótipos com baixos teores de ácido erúico e de glucosinolatos, compostos presentes no óleo e no farelo, respectivamente, sendo potencialmente tóxicos para o consumo (TOMM, 2006). Para que a planta detenha o padrão canola, os grãos devem possuir um teor de ácido erúico menor que 2% no óleo e menos de 30 μmol de

glucosinolatos por grama de farelo seco desengordurado para que possam ser utilizados na alimentação humana e animal, respectivamente (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2016).

A produção de grãos de canola tem como objetivo principal a produção de óleo para consumo humano, mas também pode ser utilizado na produção de biodiesel e na alimentação animal como farelo de canola (TOMM et al., 2009). Os grãos desta cultura no Brasil, possuem em torno de 24 a 27% de proteína e em média 38% de óleo (TOMM, 2007), destacando-se pela quantidade de ômega-3, vitamina E, gorduras mono-insaturadas e o menor teor de gordura saturada de todos os óleos vegetais, sendo próprio ao consumo humano (EMBRAPA, 2019). O óleo de canola contém um perfil desejável de em média 7% de ácidos graxos saturados, cerca de 61% de ácidos oleicos insaturados, 21% de ácidos graxos insaturados linoleicos e 11% de ácido linolênico (SHARAFIZADEH et al., 2012).

O farelo de canola é importante subproduto das indústrias de extração do óleo, sendo utilizado na alimentação animal como uma fonte proteica econômica (DE MORI; TOMM, FERREIRA, 2014). Este farelo se constitui como a segunda maior fonte de proteica para alimentação animal produzida no mundo, embora produzida em quantidade quatro vezes menor que a produção de farelo de soja, que ocupa o primeiro lugar, sendo uma fonte de proteína de qualidade para animais, principalmente bovinos e suínos, que não tenham altos níveis de requerimentos de energia e concentração de lisina (USDA, 2016). Além disso, o farelo também é utilizado para a produção de enzimas como a fitase, que disponibiliza fósforo, e xilanase, que decompõe a hemicelulose (RAMACHANDRAN et al., 2009) e mais recentemente, para obtenção de catalizador de ácido carbono na produção de biodiesel (RAO et al., 2011).

Segundo Gazzoni et. al.(2009), no Brasil o óleo produzido é destinado ao consumo humano, mas apresenta um campo aberto de crescimento para o mercado brasileiro na produção de biodiesel. Tem-se informação pessoal de que desde 2013 há produtores da região do Alto Uruguai que comercializam a canola para tal fim. O biodiesel da canola é obtido após o processo de transesterificação do óleo, sendo o óleo de canola também caracterizado como uma fonte de combustível renovável, o que é de grande importância ambiental, por reduzir a emissão de monóxido de carbono, compostos de enxofre e hidrocarbonetos (CHENG et al., 2010). Para a maior produção de biodiesel a partir da canola, alguns impedimentos burocráticos de exportação deste produto e também

entraves tecnológicos de produção devem ser sanados, pois na União Europeia, conforme De Mori; Tomm; Ferreira (2014), a canola é uma importante matéria prima para a produção de biodiesel, compondo 67% da produção.

2.2 CONTEXTO ATUAL DA CANOLA

Atualmente, a produção mundial de canola está concentrada nas regiões geográficas longe de linha do equador onde são observadas estações curtas de crescimento e predomínio de clima seco. Assim, em países como Rússia, Ucrânia, China e o continente europeu, observa-se cultivo de genótipos de inverno, cujo período de semeadura é realizado entre os meses de setembro a novembro, para a germinação das sementes ocorrerem anteriormente ao período de congelamento e deposição de neve. A produtividade de grãos dessas variedades de canola apresenta de 20 a 30% de superioridade quando comparada às cultivadas na primavera. No Canadá, em partes da China, Índia e Estados Unidos as variedades de canola cultivadas são denominadas canola de primavera. Essas variedades possuem maturação precoce, que ocorre em torno de 85 dias após a emergência das plantas, dependendo do genótipo e das condições meteorológicas, possuindo baixa sensibilidade ao fotoperíodo e não necessitando do processo de vernalização (USDA, 2018).

Com base nos dados da USDA (2018), a produção mundial de óleo de canola foi de 28.354 mil toneladas, sendo a maior produção da União Europeia, representando 36,9% da produção total com 10.450 mil toneladas, seguido da China com 6.745 mil toneladas e Canadá com 4.020 mil toneladas. Os países com maior produção de canola até o ano de 2012 foram a China, com uma produção próxima a 12 milhões de toneladas de grãos, seguida do Canadá e Índia, com a Alemanha e França na sequência, representando a Europa. Já no ano de 2016 o Canadá passou a deter a maior produção, com 16,4 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2016).

As condições ambientais do Brasil, mesmo nos locais mais frios, não atendem ao número de horas de frio requeridas pelas cultivares invernais. Devido a isto, no Brasil são cultivados apenas cultivares de primavera, da espécie *Brassica napus* L. (TOMM et al., 2009).

O Rio Grande do Sul (RS) é o estado que apresenta maior participação na produção nacional de canola, pois a cultura constitui-se em uma das melhores alternativas para diversificação de cultivos de inverno, sendo uma alternativa viável de inserção na

rotação de culturas, além da geração de renda pela produção de grãos. Porém, os estudos sobre a cultura ainda são insuficientes e existe uma enorme carência de pesquisa, principalmente, em relação aos conhecimentos básicos das interações dos processos fisiológicos com os fatores ambientais. Este conhecimento auxiliaria na adoção de técnicas de manejo da cultura mais adequadas, visando maior eficiência produtiva, pois sob condições de campo, a produtividade depende da capacidade das plantas desenvolverem mecanismos de adaptação às mudanças ambientais e aos estresses, aos quais estão expostas durante todo o seu ciclo (TOMM et al., 2009).

A área semeada no Brasil passou de 44,7 mil hectares em 2014 para 48,1 mil hectares em 2018, com maior destaque para a área cultivada no Rio Grande de Sul, que foi de 30,3 mil hectares no ano de 2013 para 43,3 mil hectares na safra de 2018 (CONAB, 2018). Portanto, ao longo dos últimos cinco anos a área cultivada aumentou no RS, enquanto que no Paraná, ocorreu um decréscimo devido a perda de área para o cultivo do trigo e a ocorrência de condições meteorológicas adversas, como geadas e granizos que afetaram a produtividade na safra de 2016.

A produtividade de grãos no Brasil, segundo os mesmos dados da Conab (2018), variou de 812 kg ha⁻¹ em 2014 em decorrência do clima desfavorável no Rio Grande do Sul neste ano, principalmente no período da colheita, para uma estimativa de produtividade de 1257 kg ha⁻¹ na safra de 2018.

A cultura de canola pode ser utilizada em práticas conservacionistas, associada a sistemas de rotação de culturas produtoras de grãos, principalmente para os períodos de estação fria do ano, especialmente no sul do Brasil, onde esta cultura apresenta bom desenvolvimento (TOMM et al., 2009; KRÜGER et al., 2011) e é caracterizada como uma alternativa importante para a rotação com a cultura do trigo no inverno, que possui diversos problemas como, doenças, preço mínimo baixo, insuficiência de radiação solar, principalmente na fase vegetativa da cultura, e formação de geada no período de florescimento. A inserção da canola no sistema de rotação de culturas auxilia na redução de problemas fitossanitários pela quebra dos ciclos de doenças e pragas, cobertura do solo, ciclagem de nutrientes, além dos ganhos econômicos (TOMM et al., 2009).

A expansão do setor produtivo agrícola está associada ao crescimento da demanda mundial por grãos, porém, a limitação de novas fronteiras agrícolas perfaz a necessidade em otimizar o uso das áreas agrícolas já em exploração atualmente. O cultivo da canola no inverno pode ser uma alternativa promissora, pois, além de inseri-la em um sistema de

rotação de culturas, não interfere nas principais culturas de verão, segundo a CONAB (2017) no Rio Grande do Sul a área semeada com culturas de verão é de aproximadamente 7,5 milhões de hectares, enquanto no inverno a área cultivada é de aproximadamente 1 milhão de hectares. Toda a área restante está disponível para cultivo, sendo a cultura da canola uma ótima opção para o aumento da renda dos produtores, nesse período, otimizando o uso da mão-de-obra e das máquinas e equipamentos disponíveis nas propriedades. É necessário destacar que além dos benefícios econômicos, existem os efeitos ambientais que a canola pode exercer no sistema de produção agrícola, alternativa para o pastejo apícola, na ruptura do ciclo de algumas doenças dos cereais de inverno, reduções nas infestações de plantas invasoras e insetos praga, melhora nas propriedades físicas do solo (TOMM et al., 2009). Porém, os estudos sobre a cultura ainda são insuficientes, existindo uma enorme carência de pesquisa, principalmente, em relação aos conhecimentos básicos das interações dos processos fisiológicos com os fatores ambientais. O entendimento destes processos eco-fisiológicos auxiliaria para o delineamento de técnicas mais adequadas de manejo da cultura, e nas tomadas de decisão dos produtores, visando maior eficiência produtiva. Sob condições de campo, a produtividade depende da capacidade das plantas desenvolverem mecanismos de adaptação às mudanças ambientais e aos estresses dos quais estão expostas durante todo o seu ciclo, especialmente em uma espécie originada de ambientes de clima predominantemente temperado, cultivada nos ambientes produtivos brasileiros.

2.3 DENSIDADE DE SEMEADURA

O efeito da densidade de semeadura sobre a competição intra e inter específicas de culturas é amplamente pesquisado em todo o mundo para uma série de culturas agrícolas, e para a cultura da canola, realizadas de forma mais ampla na Austrália, Canadá, Irã e EUA. A densidade de semeadura apropriada para as cultivares de canola para produtividade ótimas de grãos é determinada pela avaliação de campo em uma gama de ambientes em que a canola deve ser cultivada. Na Austrália, sementes maiores, com maior vigor e híbridas, permitiram menores densidades de semeadura em combinação com herbicidas disponíveis (TOMM, 2007). No entanto, com a rápida taxa de resistência ao herbicida pelas plantas daninhas, a densidade de plantas ideal (plantas por m²) precisará ser reconsiderada com base no pressuposto de que as plantas daninhas

provavelmente estariam presentes na maioria das culturas e uma maior densidade de plantas de canola permite uma maior competição com plantas daninhas.

Segundo Tomm (2007), deve-se buscar uma densidade de sementeira que atinja 40 plantas m^{-2} , permitindo assim um maior potencial de rendimento, compensando os danos por redução da área foliar por pragas e um rápido cobrimento do solo, porém produtividades de até 1.800 kg ha^{-1} foram alcançados com apenas 15 plantas m^{-2} , verificando assim que a canola tem alta capacidade de compensação de falhas. Resultados semelhantes aos encontrados por Tomm (2007) foram obtidos por Chavarria et al. (2011), Bandeira; Chavarria; Tomm (2013) e Wang; Cheng; Hu (2015), em que densidades de 40 a 45 plantas m^{-2} , que combinadas com espaçamentos entre linhas reduzidos, de 0,17 a 0,20 m, mostraram-se como a composição ideal do dossel de plantas de canola, garantindo maior índice de área foliar e produtividade de grãos. Maiores densidades de plantas podem reduzir a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas folhas do extrato inferior, causando a alteração na fotossíntese do dossel, decorrendo em aceleração da senescência foliar neste extrato do dossel (LIU et al., 2010). Melgarejo et al. (2014) verificaram que as mudanças de densidade e espaçamento alteram a morfologia das plantas de canola, confirmando sua capacidade plástica de ocupar espaços. Contrariamente às baixas densidades, as altas densidades tendem a inibir a emissão de ramificações (BANDEIRA; CHAVARRIA; TOMM, 2013) e aumentar a competição por radiação solar, resultando em menor heterogeneidade de maturação e evitando o prolongamento do subperíodo reprodutivo (KRUGER, 2011), o que também acontece com outras espécies herbáceas ramificadas, tais como a camomila (SILVA, 2018).

Em um estudo canadense de O'Donovan (1994), a densidade de sementeira da canola de aproximadamente 200 plantas m^{-2} reduziu significativamente a biomassa de ervas daninhas, causando menor impacto das ervas daninhas na produtividade da canola. Em outro estudo, O'Donovan et al. (2004) confirmaram a necessidade de uma alta densidade de plantas para manter a produtividade das culturas e reduzir a produção de sementes de erva daninha de uma população mista semeada de *Polygonum convolvulus*, *Sinapis arvensis* e *A. fatua*. No Irã, Hosseini et al. (2004) mostraram que o aumento da densidade de sementeira de canola de 150 a 270 plantas m^{-2} provocou uma redução de 50% em biomassa da erva daninha na floração da cultura. Bakhtiari e Saeedipoor (2014), também no Irã, utilizaram uma abordagem semelhante e descobriram que a densidade de plantas de canola influenciou fortemente a supressão de *Malva Parviflora*.

Nos EUA, experiências de campo ao longo de dois anos também mostraram que aumentos na densidade de canola de 60 plantas m^{-2} (densidade de semeadura recomendada) para 200 plantas m^{-2} , reduziu a biomassa de *Lolium persicum*, massa de mil grãos e sua fecundidade (HOLMAN et al., 2006). Harker et al. (2003), no Canadá, combinaram a alta densidade de semeadura com uma cultivar fortemente competitiva, encontrando uma elevada supressão de ervas daninhas, mas com redução da produtividade de grãos. No entanto, na Austrália, não houve benefício no aumento da densidade de plantas acima do ideal em relação a densidade recomendada de 40 plantas m^{-2} para a supressão de ervas daninhas (LEMERLE et al., 2016). Foi observado que a produção de sementes de plantas daninhas em média dobrou quando a densidade de canola reduziu de 40 para 10 plantas m^{-2} . Assim, o bom estabelecimento de plantas de canola e o uso de cultivares competitivas é fundamental para evitar a formação do banco de sementes de ervas daninhas e a redução de impactos negativos na produtividade de canola.

Daugovish; Thil e Shafii (2003) realizaram experimentos a campo durante duas épocas de semeadura para quantificar a capacidade competitiva da canola com aveia, sendo que a supressão de ervas daninhas aumentou conforme aumento da densidade de semeadura da canola, as plantas de canola foram menos competitivas no estágio de roseta em relação a floração. Usando uma abordagem diferente, Blackshaw et al. (2005) em um período de quatro anos de rotação de canola com trigo em dois locais e com uma população mista de espécies de ervas daninhas, os efeitos cumulativos de duas densidades de semeadura de canola, 100 e 150 plantas m^{-2} , a taxa de semeadura mais alta reduziu a biomassa seca de ervas daninhas de 69 para 42 g m^{-2} . O efeito cumulativo positivo da taxa de semeadura resultou em uma média 38% no declínio do banco de sementes de ervas daninhas ao longo de quatro anos. Durante este período avaliado, a produtividade da cultura permaneceu igual ou superior, mas nunca menor, na maior densidade de semeadura para a cultura da canola.

A maioria dos estudos mostra que o aumento na densidade de semeadura suprime a biomassa de plantas daninhas e a sua produção de sementes, reduzindo perdas de produtividade e na qualidade do grão de canola. Este é um manejo fácil e geralmente confiável para controle de ervas daninhas, mas o maior custo de aquisição de semente de qualidade precisa ter embasamento experimental para ser aconselhado aos agricultores. Além disso a densidade de semeadura deve ser definida conforme o nível tecnológico da

lavoura, visto que a produtividade depende também do estande de plantas resultante do processo de semeadura.

2.4 GERMINAÇÃO

A germinação é determinada por uma sequência de processos fisiológicos influenciados por fatores externos (ambientais) e internos (dormência, inibidores e promotores da germinação) à semente, sendo que cada fator pode atuar individualmente ou em conjunto com os demais (CONE e KENDRICK, 1986). Diversos estudos demonstram que a temperatura, água, luz e oxigênio são os quatro fatores fundamentais nesse processo fisiológico (LABOURIAU, 1983; BEWLEY, BLACK, NONOGAKI, 1994; DEMUNER et al., 2008).

O processo de germinação inicia com a retomada do crescimento pelo embrião das sementes, desenvolvendo-se até o ponto em que forma uma nova planta com plenas condições de nutrir-se por si só, tornando-se independente (HOPPE, 2003). Nassif et al. (1998) também definem a germinação como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, expressando sua capacidade para dar origem a uma plântula normal sob condições favoráveis. Segundo Borghetti (2004), a germinação é um processo composto por três fases que consistem na embebição (fase I), na ativação dos processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião (fase II) e na iniciação do crescimento do embrião (fase III).

Para a quase totalidade das espécies cultivadas, o período mais crítico do ciclo das culturas está compreendido entre as fases de semeadura e emergência das plantas, visto que a uniformidade e a porcentagem de emergência assumem grande importância no estabelecimento de um estande satisfatório na lavoura. A umidade do solo é um dos fatores que exerce a mais determinante influência sobre o processo de germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 1983), devendo estar disponível para as sementes em teores adequados. No entanto, o processo de germinação pode ser limitada por qualquer um dos quatro fatores fundamentais.

A velocidade de absorção de água varia conforme a espécie, o número de poros espalhados no tegumento, disponibilidade de água, temperatura, pressão hidrostática, área de contato semente/água, composição química e qualidade fisiológica da semente (LABOURIAU, 1983). Os processos de capilaridade e difusão são responsáveis pela entrada da água para dentro da semente, ocorrendo no sentido do maior para o menor

potencial hídrico. Sendo assim, a embebição é um processo puramente físico relacionado às características de permeabilidade do tegumento e das propriedades dos colóides que constituem as sementes, cuja hidratação é uma de suas primeiras consequências quando colocada em condições favoráveis.

A água ocupa importante função na ativação dos processos metabólicos que culminam na germinação das sementes. Cada espécie por sua vez possui um teor adequado de água para que aconteça a germinação, além da capacidade específica de embeber-se, gerando assim, o estabelecimento das plântulas (CARVALHO e NAKAGAWA, 1983). Para que a germinação aconteça, a semente deve atingir uma quantidade mínima de umidade, que depende da permeabilidade do tegumento e de sua composição química (POPINIGIS, 1985; CARVALHO E NAKAGAWA, 1983). A diminuição da germinação causada pelo estresse hídrico acarreta na redução das atividades enzimáticas da semente, resultando em menor desenvolvimento dos meristemas embrionários (POPINIGIS, 1985).

As sementes começam o processo de hidrólise quando entram em contato com água, com exceção dos impedimentos por barreiras físicas. A absorção de água ocorre independentemente do estado fisiológico da semente (quiescente, dormente ou morta) e este processo deve ocorrer para que aconteça a germinação (CARNEIRO; BRACCINI, 1996). O movimento e a disponibilidade de água para as sementes afetam todos os processos que envolvem a germinação, como é o caso do desenvolvimento inicial do sistema radicular e emergência das plântulas, que também são influenciados pelas características da parte coloidal do substrato (potencial osmótico e matricial e da textura do solo), bem como pela forma e tamanho da semente (área de contato solo-semente). A textura do solo influencia tanto a condutividade da água quanto o grau de contato semente-solo.

Além desses fatores, a embebição depende do gradiente de potencial hídrico (tensão de água) existente entre a semente e o meio externo. As sementes secas apresentam potencial hídrico muito reduzido, em média -200 Mpa, logo, o entrave da embebição está muito relacionado com o baixo teor umidade disponível no solo (BEWLEY, BLACK, NONOGAKI, 1994). Potenciais hídricos muito negativos, principalmente no início do processo de germinação, influenciam a absorção de água pelas sementes, podendo culminar com a parada na sequência de eventos do processo germinativo (MIKUSINSK, 1987). O estresse hídrico geralmente causa a diminuição da

velocidade de germinação das sementes, visto que para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre.

Segundo Khurama e Singh (2001) existem respostas da germinação a diferentes magnitudes de intensidade luminosa e variação entre as espécies. Sementes que carecem de luminosidade para germinar são denominadas fotoblásticas positivas; aquelas que com a ausência de luz germinam melhor são fotoblásticas negativas e quando não há interferência luminosa na germinação as sementes são fotoblásticas neutras (LABOURIAU, 1983; MAYER e POLJAKOFF, 1989).

Nesse contexto também é importante caracterizar as condições de umidade e luminosidade que se apresentam para sementes sobressemeadas, que na superfície do solo são parcialmente sombreadas pelas plantas e recobertas pelas folhas senescentes da cultura antecessora.

2.5 ESTANDE DE PLANTAS

O estande de plantas representa o número de plantas por unidade de área, e tendo papel importante no rendimento de uma lavoura, uma vez que pequenas variações na densidade têm grande interferência na produtividade final da lavoura. A densidade de semeadura (ou estande) inadequada é uma das causas responsáveis pela redução da produtividade de milho no Brasil (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2019).

A produtividade de uma lavoura aumenta conforme aumenta o número de plantas na área, esta produtividade é crescente até atingir uma densidade ótima, que é determinada pela espécie, pelo genótipo e por condições externas resultantes das condições edafoclimáticas do local e do manejo da lavoura. Acima da densidade ótima, quando a produtividade é máximo, o aumento da densidade resultará em decréscimo progressivo na produtividade da lavoura. A densidade ótima é, portanto, variável para cada situação, sendo basicamente dependente de quatro fatores: genótipo e disponibilidade de água, de radiação solar e de nutrientes. Quaisquer alterações nestes fatores, direta ou indiretamente, afetarão a densidade ótima de plantio.

Na cultura milho, o aumento na densidade de semeadura, além do da produtividade de grãos, também afeta outras características da planta. Dentre estas, merecem destaque a redução no número espigas por planta e seu tamanho. Também o diâmetro de colmo é reduzido devido à competição entre plantas e, conseqüentemente, há maior suscetibilidade ao acamamento e quebramento. Além disto, é reconhecido que pode

haver aumento na ocorrência de doenças, especialmente as podridões de colmo, visto que as condições ficam mais favoráveis, podendo haver aumento do tempo de molhamentos de plantas e maior dificuldade de penetração de agroquímicos. Estes aspectos podem determinar o aumento de perdas na colheita, principalmente quando esta é mecanizada. Devido a estes fatos, muitas vezes, opta-se por densidades menores ao invés recomendar densidades maiores que, embora em condições experimentais estas produzam maiores produtividade, não são aconselhadas em lavouras colhidas mecanicamente. A variação destas características também é levada em consideração conforme o genótipo escolhido a disponibilidade de água, de radiação solar e de nutrientes.

O poder germinativo e o vigor das sementes têm influência direta na velocidade de emergência, emergência total de plântulas e no tempo com que essas plântulas levam para se estabelecem. Sementes que apresentam alto vigor apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando a emissão mais rápida e uniforme da raiz primária e maior taxa de crescimento, produzindo plântulas com maior tamanho inicial (ABATI et al., 2017).

Considerando o tamanho das sementes de soja e sua relação com a qualidade fisiológica e produtividade de grãos, verifica-se que sementes menores produzem plantas menores e menos produtivas, em relação a sementes classificadas em 6 mm ou maiores de diâmetro (PÁDUA et al., 2010). A qualidade fisiológica das sementes é variável de acordo com o seu tamanho, sementes maiores apresentam maiores percentuais de germinação e vigor. Segundo Conceição (2016), sementes com maior quantidade de reservas armazenadas apresentam maior desempenho em relação à qualidade fisiológica e desenvolvimento inicial de plântulas.

Para Angadi et al (2003) a redução do estande de plantas de 80 plantas/ m² para 40 plantas/ m² não proporcionou redução na produtividade quando a população de plantas foi uniformemente distribuída na área, porem quando as plantas foram mal distribuídas houve redução significativa na produção de grãos.

2.6 SEMEADURA E SOBRESSEMEADURA DA CANOLA

A implantação de culturas por meio de sementes tem sido efetuada por meio de semeadoras em linhas, na sua maioria, ou a lança. No caso da semeadura da canola em linhas, se fazem necessários ajustes nas semeadoras convencionais no mecanismo dosador das sementes que é específico para esta cultura (TOMM et al., 2009), porque as

sementes da canola são muito pequenas. Essa situação, assim como outros fatores, acaba contribuindo para que o produtor decline da opção pelo cultivo da canola pela necessidade de aquisição dos sistemas dosadores de sementes e sua substituição por ocasião da semeadura. Além disso, atender a profundidade adequada de semeadura da canola é um desafio para as semeadoras pelo tamanho pequeno das sementes, tornando desuniforme a emergência das plântulas, bem como a ocorrência de falhas na densidade de plantas pelo microrelevo da superfície do solo também ser irregular.

Algumas práticas e técnicas estão sendo estudadas visando o aumento do número de cultivos em um mesmo ciclo de sucessão e rotação de um sistema intensivo de produção de grãos, principalmente em relação aos cultivos de inverno ou de safrinha. Uma das formas de intensificar mais esses sistemas é o uso da sobressemeadura, esta técnica é utilizada para estabelecimento de gramíneas e leguminosas forrageiras em culturas anuais de verão, em final de ciclo ou pastagens perenes, como os campos naturais, podendo propiciar diversos benefícios quando bem estabelecida. Contribui com a manutenção da umidade do solo, principalmente em períodos de baixa pluviosidade, auxilia na redução da erosão do solo, que é diretamente influenciada pelo manejo adotado, reduz o tempo da operação da semeadura em relação ao método convencional e contribui com a redução de custos através da manutenção da fertilidade do solo (REIS et al., 2001) e da menor utilização das máquinas.

Da mesma forma como a sobressemeadura é realizada nos ecossistemas naturais, esse processo poderá ser adaptado para as condições do ambiente dos cultivos agrícolas em final de ciclo. As sementes da nova cultura são distribuídas sobre o solo para germinar e gerar novas plantas em processo de estabelecimento inicial antes da colheita da cultura em final de ciclo, quando a cultura antecedente ainda fornece certo grau de sombreamento, preservando umidade abaixo das primeiras folhas senescentes em queda, que passam a cobrir sementes e as plântulas emergentes do novo cultivo.

Em pastagens, contribui para a melhoria na fertilidade do solo com a incorporação de nitrogênio e matéria orgânica, maior potencial de rebrota da espécie de gramínea na primavera e controle de plantas invasoras (ROSO; RESTLE; SOARES, 1999). Outra vantagem observada desta técnica é a possibilidade de uso contínuo da pastagem após o término do inverno, intensificando a utilização e maximizando o uso do solo. Outra forma de sobressemeadura é implantar pastagens a partir da distribuição das sementes no final do ciclo de desenvolvimento das culturas anuais de verão, sendo que o azevém

estabelecido em sobressemeadura nas áreas com o cultivo da soja, é o exemplo mais comum e o que tem atingindo sucesso considerável. Segundo Machado (2011) no Sul do Brasil a técnica de sobressemeadura de forrageiras é utilizada para melhorar o pasto nativo, principalmente no período de inverno, condição esta que é limitada, pois o campo nativo possui um crescimento lento e competição por água e nutrientes com as espécies desejadas de cultivo.

Da mesma forma como na região Sul, nas áreas onde se utiliza a alternância entre a produção de grãos e a implantação de pastagens após a safra tem-se obtido êxito no estabelecimento antecipado do azevém (*Lolium multiflorum* L.) e aveia (*Avena sativa* L.) em sobressemeadura à soja e milho. Na região Centro-Oeste, muitos produtores têm obtido bons estabelecimentos de espécies do gênero *Brachiaria* sobressemeadas em áreas de soja, porém ainda faltam estudos mais aprofundados sobre esta técnica para culturas produtoras de grãos. Lara Cabezas (2004) obteve resultados satisfatórios com sementes de milheto sobressemeados à cultura da soja revestidas com polímero, bem como Pacheco et al. (2008), que alcançaram bons resultados com a sobressemeadura de forrageiras, em quatro estádios de desenvolvimento da cultura da soja. Conforme Altmann (2011), deve-se realizar a sobressemeadura entre os estádios R5.2 e R6 da soja. Já para Pacheco et al. (2009), a sobressemeadura deve ser realizada com ausência de folhas de soja na superfície do solo, resultando numa maior cobertura das sementes sobressemeadas com material vegetal senescente, repercutindo numa maior emergência das mesmas.

Na sucessão de culturas agrícolas de verão e inverno, a técnica da sobressemeadura também permite antecipar o estabelecimento das plantas da cultura subsequente antes da colheita da cultura antecessora em final de ciclo, dando espaço para a intensificação do sistema, que no caso das regiões com maior soma térmica do RS e SC poderia permitir a colheita de canola precoce em agosto e obter uma safra de milho superprecoce antes do novo cultivo de soja ainda no mesmo verão. Nesse contexto, a sobressemeadura também apresenta vantagens, como a diminuição dos custos, conservar melhor a estrutura física do solo, manter o solo com cobertura viva e raízes ativas por mais tempo, reduzindo a perda de nutrientes por lixiviação. Para o sucesso do manejo de sobressemeadura é necessário observar vários fatores como as condições meteorológicas, principalmente a precipitação na véspera da semeadura até dez dias após a emergência; a capacidade de germinação e crescimento da planta de cobertura em superfície; o grau de desfolhamento da cultura a ser sobressemeada; e a incidência direta de luz sobre a

superfície do solo (PACHECO et al., 2008; PACHECO et al., 2009). Segundo Landers (2007) para a sobressemeadura resultar em sucesso, também são necessárias condições de tempo úmido e chuvoso por alguns dias após o procedimento da sobressemeadura. Além das condições meteorológicas, Altmann (2011) destaca que o sucesso da sobressemeadura está relacionado ao estágio de desenvolvimento da cultivar de soja e à espécie sobressemeada.

Verifica-se que diferentes espécies já foram sobressemeadas à soja desde o estágio R6 até o R8, obtendo-se êxito no propósito da técnica, porém não se dispõe de informação de qual é o melhor estágio de desenvolvimento da soja para a sobressemeadura da canola visando a produção de grãos. Além disso, muitos produtores também têm realizado sobressemeadura da soja com nabo forrageiro (*Brassica rapa* subsp. *Rapa*), visando obter cobertura verde, palhada e melhoria do solo no intervalo entre a colheita da soja e a semeadura do trigo e outros cereais de inverno. A sobressemeadura de canola poderia trazer boa parte desses benefícios, com a vantagem de produzir grãos em apenas cerca de 60 a 70 dias a mais de ciclo. Dessa forma, nas regiões favoráveis ao cultivo da canola no Sul do Brasil, após o cultivo de canola seria possível antecipar a semeadura de milho em um sistema de produção intensificado, capaz de gerar cinco safras em dois anos nas regiões com maior soma térmica e provavelmente sete safras em três anos nas regiões com menos soma térmica anual. O êxito desse sistema dependerá do conhecimento das condições que viabilizam a sobressemeadura da canola em soja no outono e desenvolvimento das técnicas adequadas para realizar o processo. Em áreas irrigadas podem ser somados aos benefícios, técnicas que garantiriam a germinação e estabelecimento inicial das plantas na data desejada, o que ajudaria a intensificar esse sistema de forma mais segura.

2.7 HIPÓTESES

A cultura da canola pode ser implantada a campo pelo método de sobressemeadura.

Existe uma densidade de semeadura ideal para a implantação da cultura da canola sobressemeada à cultura da soja para que expresse sua maior produtividade neste sistema de semeadura.

Há um determinado estágio fenológico de desenvolvimento da soja que possibilita a melhor germinação de sementes e estabelecimento inicial da canola no sistema de sobressemeadura.

Existe um estágio fenológico da soja em que as condições micrometeorológicas no dossel de plantas são favoráveis para o estabelecimento da cultura da canola.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (latitude: 29° 43' 23''S, longitude: 53° 43' 15''W e altitude: 95 m). O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é um típico Cfa, caracterizado como subtropical úmido com verão quente, sendo a média do mês mais quente maior do que 22 °C, e precipitação pluvial normal, distribuída de forma uniforme nas quatro estações do ano e totaliza 1712 mm anuais (KUINCHTNER; BURIOL, 2001; HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009). No período de abril a setembro, que abrange a maior parte do ciclo da canola no Rio Grande do Sul (TOMM, 2007), os déficits hídricos são pouco frequentes e pequenos, predominando excesso hídrico, tanto em Santa Maria (CARDOSO, 2005), quanto em todo o RS (BURIOL et al., 1980).

O solo da área experimental é pertence à Unidade de Mapeamento São Pedro, sendo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2016).

Inicialmente foi realizada a amostragem do solo da área experimental e sua posterior correção da acidez para o pH 6.0, com 2,5 toneladas de calcário com PRNT 80%, conforme recomendação (SBCS, 2016). O preparo do solo foi realizado pela forma convencional, com escarificação e gradagem, visando uniformizar a área e conferir boas condições para o estabelecimento da cultura da soja. A cultivar de soja utilizada foi a NA 5909 RG, que apresenta hábito de crescimento indeterminado. A semeadura ocorreu dia 21 de novembro 2017 com auxílio de uma semeadora de plantio direto com espaçamento de 0,5 m entre linhas. Foi realizada a inoculação das sementes com inoculante líquido, indicado para sementes de soja com bactérias fixadoras de nitrogênio. A adubação de base e cobertura seguiu a recomendação para cultura conforme (SBCS, 2016). Após a emergência da cultura da soja, o controle das ervas daninhas foi realizado com duas aplicações do herbicida glyphosate, na dose de 2,5 litros do produto comercial por hectare. Para a prevenção e controle de doenças foram realizadas duas aplicações dos fungicidas com princípio ativo Azoxistrobina + Ciproconazol e Difenconazol nas dosagens de 300 ml e 150 ml do produto comercial por hectare e duas aplicações do inseticida com princípios ativos Tiametoxam e Lambda-cialotrina na dosagem de 200 ml por hectare, para que a cultura da soja mantivesse boa sanidade e índice de área foliar, proporcionando as melhores condições agrônômicas para o estabelecimento da cultura subsequente em sobressemeadura.

Realizou-se a sobressemeadura da cultura da canola quando a soja atingiu os estádios R5 e R7 de desenvolvimento pretendidos, de acordo com a escala Fehr Canivess (1977), sendo realizadas de forma manual à lanço no dia 01 de março 2018 para o estádio R5 da soja e no dia 21 de março 2018 para o estádio R7 da soja. A colheita da soja foi realizada no dia 12 de abril de 2018 e a sementeira em linha de canola foi realizada dia 16 de abril de 2018. A adubação química foi realizada na sua totalidade em cobertura de acordo com a análise de solo, seguindo as indicações do manual de adubação e calagem para a cultura da canola (SBCS, 2016).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições por tratamento, em um esquema fatorial 4 x 2, sendo o fator densidade na parcela principal 3 kg ha⁻¹ (recomendado para a cultura no método em sementeira direta), 6 kg ha⁻¹, 12 kg ha⁻¹ e 18 kg ha⁻¹ e o fator estádio de desenvolvimento da cultura da soja (R5 e R7). No bloco também foi implantada uma testemunha semeada em linha seguindo a recomendação para a cultura da canola logo após a colheita da soja, totalizando 36 unidades experimentais, cada uma composta por área de 5 m² (3 m de largura x 5 m de comprimento). As parcelas foram dispostas lado a lado no sentido norte sul com área útil de 8 m².

Durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de canola, foram realizadas observações fenológicas e determinações fenométricas em duas plantas por parcela para identificar possíveis diferenças no desenvolvimento da cultura. As avaliações fenológicas foram realizadas, anotando-se as datas de ocorrência dos principais estádios fenológicos da cultura, como emergência (E), formação de roseta (FR), início do florescimento (IF), final do florescimento (FF) e maturação de colheita (C), seguindo a escala fenológica descrita por Iriarte e Valetti (2008). A variável fenométrica área foliar (Af; cm²) foi determinada por meio do modelo matemático desenvolvido por Tartaglia et al. (2016), para o qual foi medida a maior dimensão da largura do limbo foliar (L; mm) a campo, com a área foliar foi calculado o índice de área foliar.

Também foram instaladas barras com fotocélulas de silício recobertas com filtro para a mensuração da radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFA) ao nível do solo no momento da sobressemeadura da canola até a emergência das mesmas a fim de quantificar a RFA que chega ao solo e para a comparação foram instaladas barras no topo do dossel da soja para comparar-se a RFA total incidente no topo do dossel da soja com a RFA que chega para as plantas de canola, os dados foram medidos e armazenados por um datalogger Campbell Scientific® CR 200.

Para determinação da massa de matéria seca total da parte aérea na data da colheita, foram coletadas duas plantas por unidade experimental, as quais foram colocadas em pacotes

de papel e acondicionadas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C para secagem por 72 horas, até atingirem o peso constante. Após a secagem, pesou-se em balança com precisão de miligramas.

A colheita da canola ocorreu manualmente quando os grãos mudarem da cor verde para marrom na porção intermediária da planta, colhendo-se 0,25 metros quadrados na parte central da área útil da parcela com o auxílio de um gabarito de metal com 50 x 50 centímetros. Estas plantas foram transferidas para um galpão fechado, até atingirem aproximadamente 10% de umidade. Posteriormente realizou-se a trilha manual e a separação das impurezas, seguida de avaliações dos componentes de produtividade.

Durante o procedimento de trilha manual foram determinados a massa seca de vinte síliquas (MS20S, g), média do número de grãos por síliqua (NG), média do número de síliquas por planta (NS/P), massa de cem grãos (M100G, g) e comprimento de síliqua (CS, cm e por fim a produtividade de grãos (PG)

A PG foi determinada a partir da colheita de todas as plantas do gabarito colocado aleatoriamente na parcela e submetidas à trilha. Após serem separados das impurezas, os grãos foram pesados e posteriormente a massa foi convertida para a unidade de kg ha⁻¹.

O NS foi determinado a partir da contagem das mesmas em duas plantas colhidas aleatoriamente por unidade experimental, calculando-se a média entre as duas plantas. O NG foi determinado pela média do número de grãos contabilizado em 20 síliquas. A M20S foi determinada pesando-se 20 síliquas secas em estufa antes da debulha dos grãos, utilizando balança digital de precisão com resolução de três casas decimais (mg). A MCG foi determinada pela pesagem de cem grãos, com correção da umidade para 10%. Os dados coletados de estande inicial de plantas e a área foliar no estágio de plena floração, número de síliquas por planta, o número de grãos por síliqua, matéria seca de 20 síliquas, massa de cem grãos (MCG) foram submetidos à análise de variância e quando verificado efeito significativo as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, quando qualitativos, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Já os dados quantitativos foram submetidos a análise de regressão. Os dados de produtividade foram submetidos as análise de contrastes ortogonais a 5% de probabilidade de erro, para se comparar as sementeiras em R5 e R7 com a testemunha (Quadro 1)

QUADRO 1 – Contrastes ortogonais nas épocas de sobressemeadura R5, R7 e Testemunha, em Santa Maria, RS.

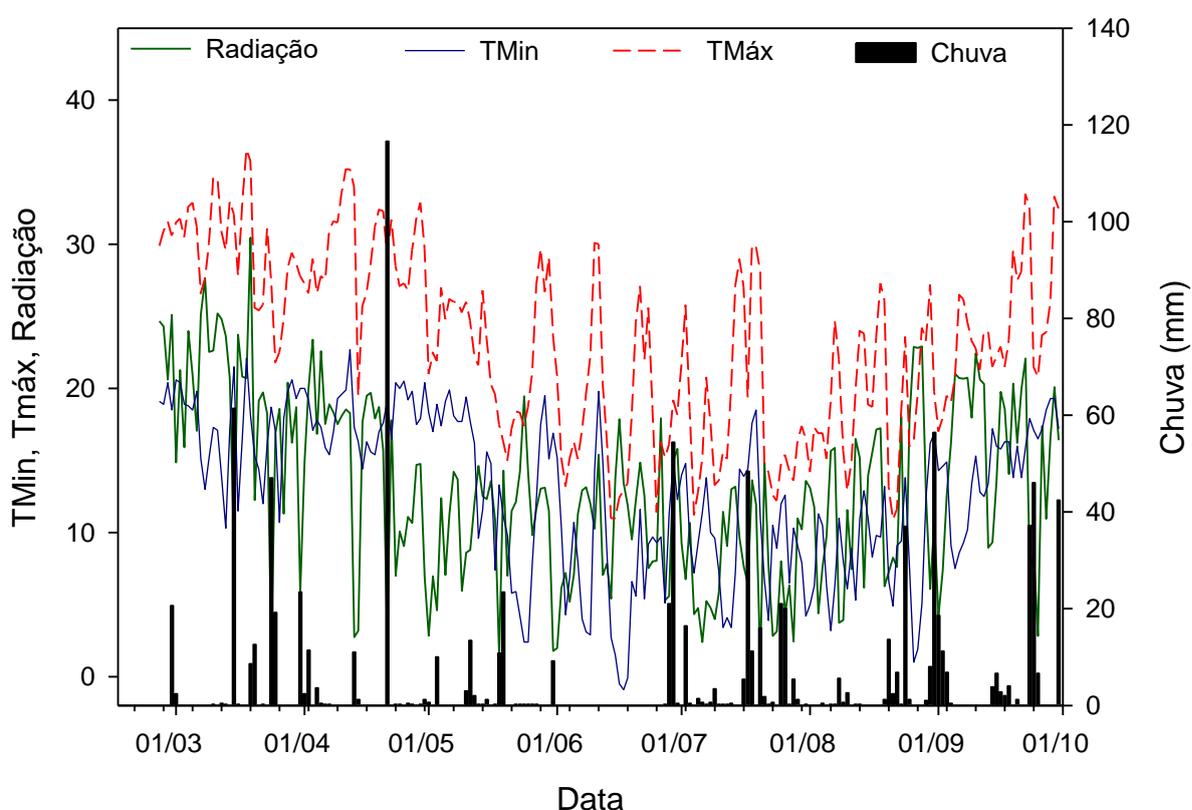
Tratamentos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
3 kg R5	1	1	3	0	0	0	0	0
6kg R5	1	1	-1	2	0	0	0	0
12kg R5	1	1	-1	-1	1	0	0	0
18 kg R5	1	1	-1	-1	-1	0	0	0
3 kg R7	1	-1	0	0	0	3	0	0
6kg R7	1	-1	0	0	0	-1	2	0
12kg R7	1	-1	0	0	0	-1	-1	1
18 kg R7	1	-1	0	0	0	-1	-1	-1
Testemunha	-8	0	0	0	0	0	0	0

C1= contraste das sobressemeadura R5 e R7 com a testemunha, C2 = contraste ente R5 e R7, C3= contraste do tratamento 3 kg R5 com 6, 12 e 18 kg em R5, C4 contraste do tratamento 6 kg R5 com 12 e 18 kg em R5, C5 contraste do tratamento 12 kg R5 com 18 kg em R5, C6= contraste do tratamento 3 kg R5 com 6, 12 e 18 kg em R7, C7 contraste do tratamento 6 kg R5 com 12 e 18 kg em R7, C8 contraste do tratamento 12 kg R5 com 18 kg em R7

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições meteorológicas do período da sobressemeadura até a emergência foram mais favoráveis para a germinação da canola na segunda época (soja em estágio R7), visto que nela ocorreram precipitações apenas 1 dia após a realização da sobressemeadura, enquanto que para a primeira sobressemeadura (soja no estágio R5) só ocorreram 10 dias após (Figuras 1, 2 e 3).

FIGURA 1- Temperaturas mínimas (T_{min}, °C) e máximas diárias do ar (T_{máx}, °C), radiação solar incidente (MJ m⁻² dia⁻¹) e precipitação pluvial (Chuva, mm) no período compreendido entre 5 dias antes da primeira sobressemeadura à soja (01/03/18; soja no estágio R5) até a última colheita da canola (01/10/2018), em Santa Maria, RS.



O fato da chuva ter ocorrido só 10 dias depois da sobressemeadura na época em que a soja estava no estágio de R5 fez com que as sementes de canola apenas germinassem após esta condição, quando então a soja já se encontrava no estágio R6 (14/03/2018). Já na sobressemeadura com a soja em R7, embora de baixa quantidade, a precipitação pluviométrica ocorreu um dia após, contribuindo para que a canola desta época de semeadura germinasse e emitisse os cotilédones em apenas 3 dias (24/03/2018), resultando assim em um melhor estabelecimento inicial e homogeneidade de distribuição das plantas.

Logo após germinadas, as plantas de canola da sobressemeadura também podem ficar expostas a estresses de maior ou menor intensidade, em função da baixa disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) ainda causada pelo sombreamento exercido pelo dossel da soja. Nesta fase as plantas jovens de canola da primeira época de sobressemeadura estiveram sujeitas a mais competição por luz, já que a soja possuía maior quantidade de folhas. Nos primeiros dois dias após a emergência da canola sobressemeada à soja na primeira época, as plântulas receberam apenas 7 % da RFA incidente sobre o dossel da soja (RFAt) e em 10 dos 12 dias subsequentes a germinação a RFAt foi menor do que $1,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 2). Com essa insuficiência de RFA, as plantas de canola sofreram alongação excessiva da haste principal devido ao sombreamento e não apresentaram o estágio de roseta. O efeito deste estiolamento foi visualizado nos tratamentos com sobressemeadura em R5 ao longo do ciclo, em que as plantas apresentaram um enrolamento na base do caule (Apêndice A, Figuras A e B). Alta competição por luz afeta a arquitetura da planta de canola (JACOB JUNIOR et al., 2012), pois a baixa luminosidade faz a plântula crescer em direção à luz o mais rápido possível. Isso é facilitado pelo rápido alongamento do caule (GOMMERS; MONTE, 2018). O estiolamento também foi verificado por Almeida et. al. (2014), que em seu trabalho visualizaram esta condição nas plantas de soja excessivamente sombreadas quando consorciadas com plantas de eucalipto. O estiolamento é uma resposta negativa pois resulta em menor diâmetro do caule e torna as plantas mais suscetíveis ao acamamento, trazendo problemas principalmente durante a colheita, o que afeta negativamente a produtividade e a qualidade dos grãos de canola.

Nas plantas sobressemeadas à soja em R7, embora também se tenha observado o estágio de roseta, não foi verificado o enrolamento na base do caule (Apêndice A, Figuras C e D), provavelmente porquê a RFAt insuficiente e menor do que $1,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ocorreu apenas nos três primeiros dias após a emergência aumentando gradativamente depois (Figura 2). De modo geral, pode se inferir que o menor estiolamento das plantas na segunda época de sobressemeadura foi devido a soja começar a perder folhas a partir de R7, possibilitando um aumento gradativo da transmissividade de RFA pelo dossel e maior disponibilidade para as plantas de canola.

A diferença no estiolamento das plantas pode ser explicada pela disponibilidade de RFA às plantas de canola emergidas abaixo do dossel de soja (Figura 2). Verifica-se que a RFA transmitida pelo dossel da soja no estágio R6 foi menor do que 10 % da RFA total incidente no todo da cultura, permanecendo com baixos valores por um período relativamente longo, mesmo com alta incidência de RFA no topo do dossel de plantas da soja. Para as plantas de canola da sobressemeadura em R7, houve maior transmissividade da RFA pelo dossel da soja e a RFA,

alcançando 40 % no dia 27 de março de 2018 (Figura 2 e 3), data do início maturação da soja. No entanto, devido a menor disponibilidade de RFA acima do dossel de soja de 19 a 27 de março de 2019, as plantas de canola sobressemeadas à soja em R7 receberam RFA muito baixa ($RFA < 1,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) apenas nos primeiros três dias após a emergência. Para as plantas de canola originadas da sobressemeadura à soja em R5 essa condição de RFA insuficiente permaneceu por 12 dias após sua emergência normal, sendo essa a provável causa do baixo número de plantas remanescentes após a colheita da soja.

O aumento da fração da RFA transmitida a partir de 23/03/19 (2° DAE para a canola sobressemeada da segunda época) se deve a queda de folhas que a cultura da soja apresenta quando a maturação está se aproximando no final do ciclo, característica que proporciona melhor desenvolvimento das plantas de canola oriundas da sobressemeadura.

FIGURA 2– Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente no topo do dossel da soja (RFAi), RFA transmitida pelo dossel da soja e incidente sobre a canola (RFA_t), transmissividade da RFA medida e estimada (RFA_t/RFA_i; %) para os dias 19/03, 20/03, 21/03, 28/03, 29/03, 30/03, 31/03 e 01/04/ no período subsequente a emergência (EM) da canola sobressemeada à soja nos estágios R5 e R7, em Santa Maria, RS

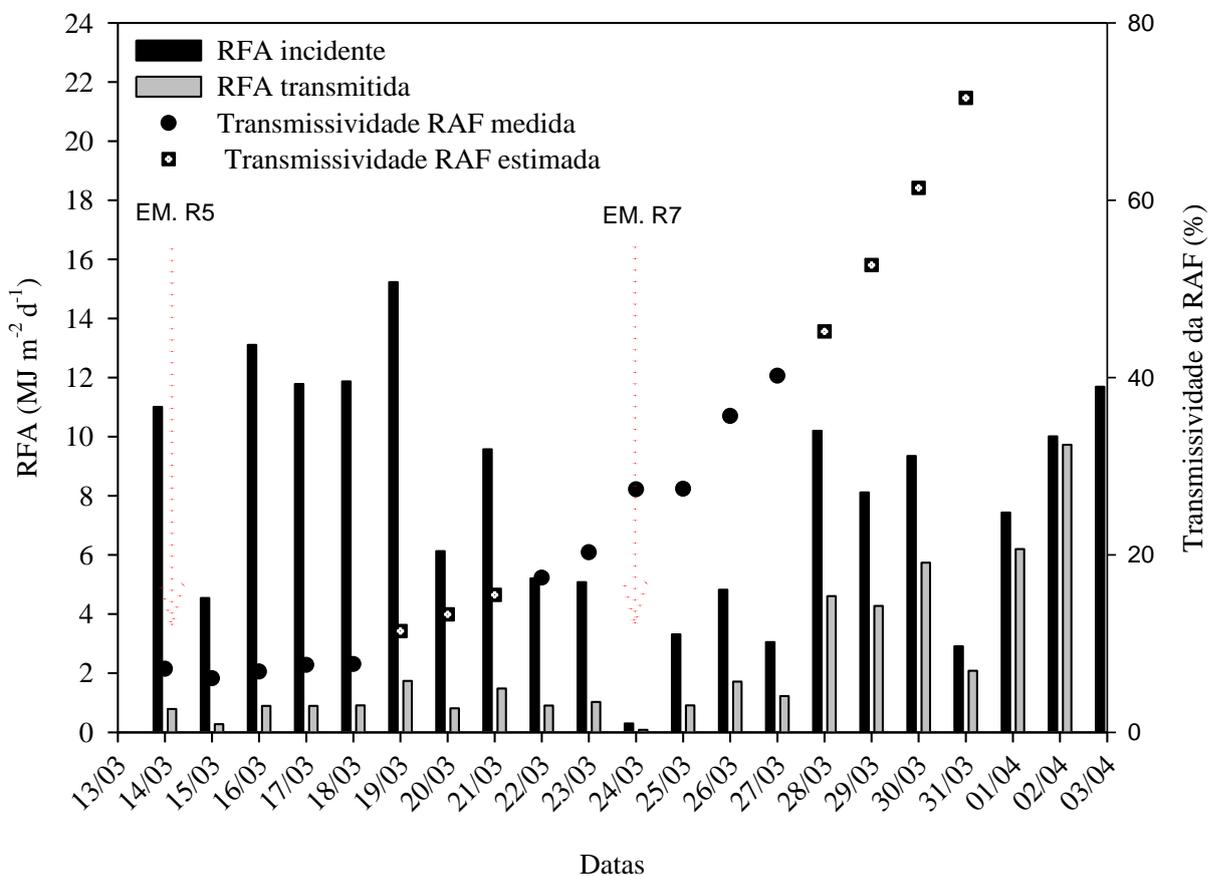
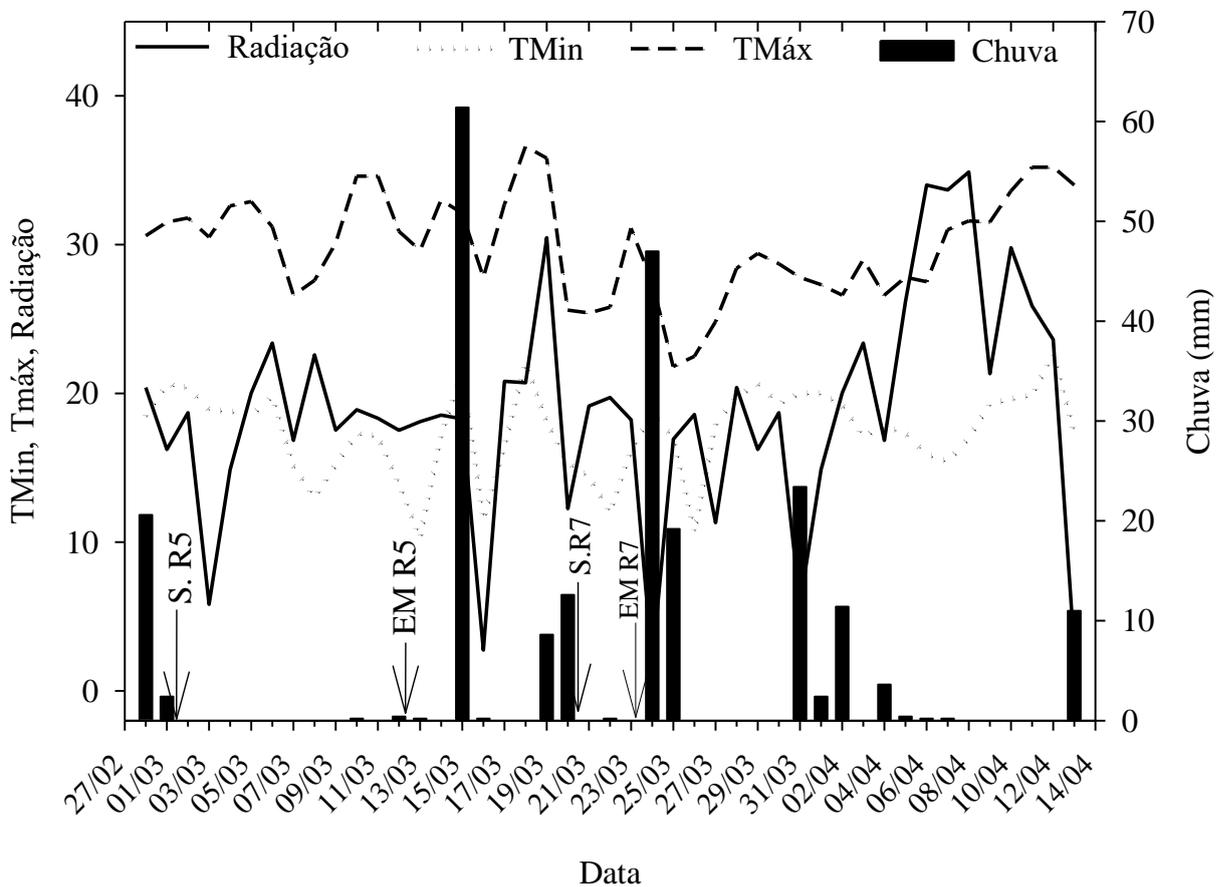


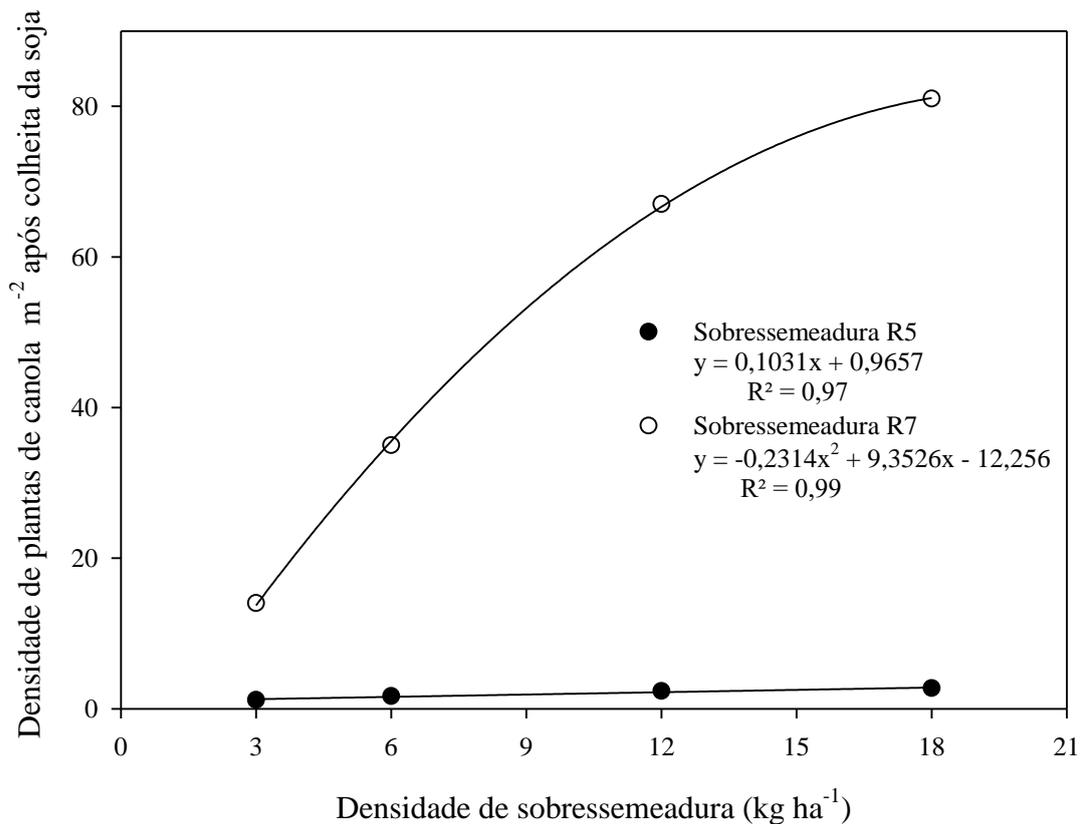
FIGURA 3 - Temperaturas mínimas (Tmin, °C) e máximas diárias do ar (Tmáx, °C), radiação solar incidente (MJ m⁻² dia⁻¹) e precipitação pluvial (Chuva, mm) no período compreendido entre as sobressemeadura (S) em R5 e R7, com indicação das respectivas datas de emergências da canola (EM.R5 e EM.R7), até a colheita da soja (12/04/2018), em Santa Maria, RS.



A contagem de plantas de canola após a colheita da soja teve, como resultado no quadro da análise de variância, uma interação significativa entre época de sobressemeadura e densidade de sementeira (Apêndice B). Na primeira época (R5) o número médio de plantas ficou abaixo de três plantas por metro quadrado ($< 3 \text{ PL m}^{-2}$), o que significa uma densidade de plantas muito abaixo da indicada para a cultura da canola no Rio Grande do Sul (RS). TOMM (2007) recomenda 40 PL m^{-2} para sementeira na linha e na época adequada para que a cultura da canola expresse seu máximo potencial produtivo no RS. O número de 40 PL m^{-2} foi atingido apenas na sobressemeadura realizada quando a soja estava no estágio R7, na densidade de sementes de 6 kg ha^{-1} (Figura 4). Já na densidade de 3 kg ha^{-1} , foram contadas em média apenas 10 PL m^{-2} para esta segunda época de sobressemeadura, enquanto nos tratamentos de 12 kg ha^{-1} e 18 kg ha^{-1} , o número de plantas foi de 67 e 81 plantas ha^{-1} , respectivamente. Este número é muito alto, pois Angadi et al. (2003) verificaram que não houve aumento significativo na produtividade de

plantas de canola na comparação de uma população de 40 plantas ha^{-1} com a de uma de 80 plantas ha^{-1} e, portanto, infere-se que densidades de sementes de 12 kg ha^{-1} ou maiores são demasiadas, mesmo quando a implantação da lavoura é pelo processo de sobressemeadura.

FIGURA 4 – Densidade de plantas estabelecidas de canola (plantas por metro quadrado) após a colheita da soja em parcelas onde a sobressemeadura da canola ocorreu nos estágios R5 e R7 da soja, para as densidades de semente de canola de 3, 6, 12 e 18 kg ha^{-1} , em Santa Maria, RS

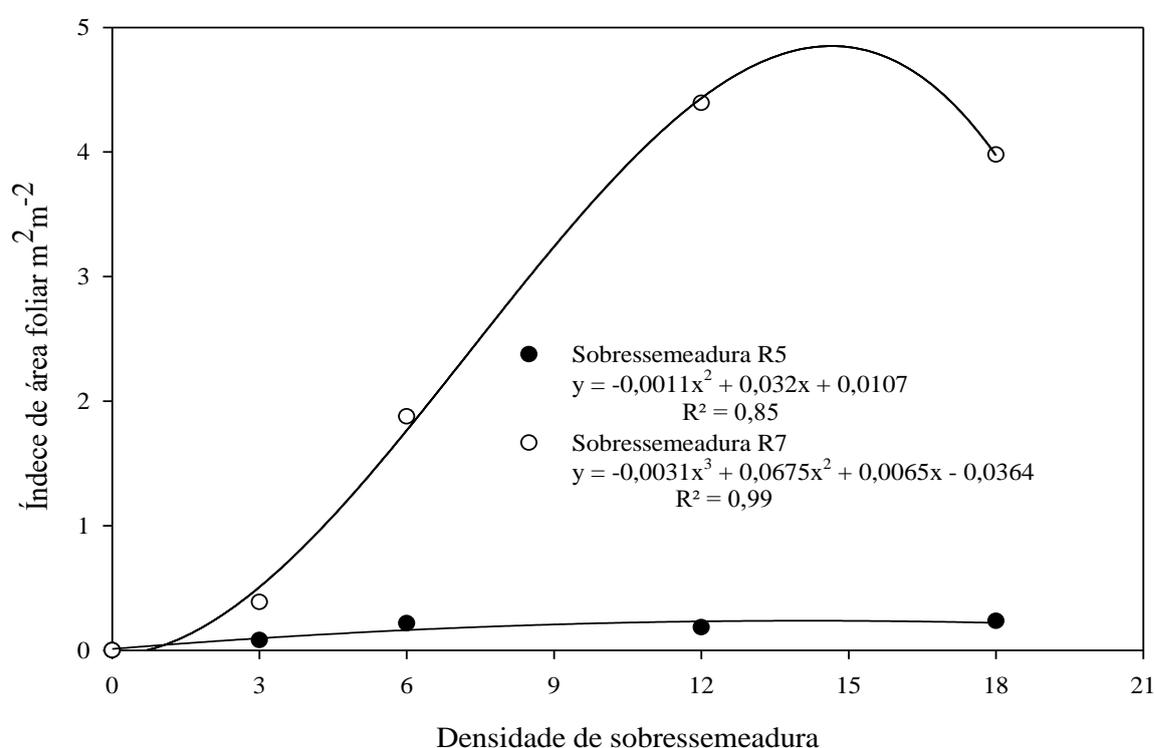


O índice de área foliar (IAF) medido no estágio de pleno florescimento da canola teve interação significativa entre épocas e densidades (Apêndice C). Na primeira época de sobressemeadura, o IAF se manteve praticamente constante para todas as densidades de semente (Figura 5), ficando abaixo de $0,3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. O baixo valor de IAF pode ser explicado pela baixa quantidade de plantas que se estabeleceram com a sobressemeadura, em R5 na soja.

Com a sobressemeadura de canola à soja em R7 (época 2) o IAF aumentou com o aumento da densidade de semente até atingir o valor máximo na densidade de sementes de 12 kg ha^{-1} , tratamento esse que resultou uma contagem de 62 PL m^{-2} de canola logo depois da colheita da soja (figura 5). Esse resultado é congruente aos resultados encontrados por Bandeira (2013), que em seus estudos obteve o maior IAF na densidade de 60 PL m^{-2} ,

observando também um decréscimo do IAF na densidade de 18 kg ha⁻¹, demonstrando que a canola estabelecida em altas densidades de plantas pode ficar exposta a significativa competição intraespecífica. O resultado relacionado ao IAF, obtido com a sobressemeadura realizada em R7, também serve para ratificar que o estabelecimento inicial das plantas de canola pode ser plenamente viável com densidades entre 6 e 12 kg de sementes por hectare.

FIGURA 5 – Índice de área foliar (IAF) da canola no estágio de pleno florescimento, em função das densidades de sementes de 3, 6, 12 e 18 kg ha⁻¹, em duas épocas de sobressemeadura à soja nos estádios R5 e R7, em Santa Maria, RS



Para as variáveis, altura de plantas, componentes de rendimento e massa seca de plantas não houve interação entre as densidades de sementeira e estádios de sobressemeadura, o que indica que esses fatores atuam de forma independente. Para o fator densidades também não houve diferenças significativas entre as diferentes densidades de sobressemeadura e, portanto, os dados foram analisados apenas para o fator épocas (Apêndice D).

A altura de plantas não diferiu quando comparada entre estádios de sobressemeadura (Tabela 1), mostrando que esta característica não é afetada pela época de sobressemeadura. Embora que nas condições da primeira época houvesse estiolamento nas fases iniciais da cultura, esta resposta não lhe proporcionou maior nem menor altura final de plantas.

TABELA 1– Média da altura de plantas (Altura, m), massa seca de parte aérea (MSPA, g/pl), massa seca de vinte siliquis (MS20S, g), média do número de grãos por síliqua (NG/S), número de siliquis por planta (NS/P), massa de cem grãos (M100G, g) e comprimento de síliqua (CS, cm) de plantas de canola sobressemeadas em diferentes estádios de desenvolvimento da soja.

Estádio de Sobressemeadura	Altura (m)	MSPA (g/pl)	MS20S (g)	NG/S	NS/P	M100G (g)	CS (cm)
R5	1,14 a	153,08 a	2,03 b	17,40 b	911,89 a	0,44 a	4,46 a
R7	1,06 a	37,76 b	2,34 a	19,06 a	209,56 b	0,40 b	4,59 a
Média	1,10	95,43	21,89	18,24	560,73	0,42	4,53
CV (%)	9,37	43,69	9,39	10,77	48,73	8,89	7,06

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro

A MSPA por planta teve redução de 75,3 % (Tabela 1) na comparação das médias obtidas com a sobressemeadura em R5 e R7, sendo a primeira muito superior a segunda devido à baixa densidade de plantas. Como não houve competição intraespecífica pelas plantas estarem isoladas, as plantas provavelmente não competiram por radiação solar, água e nutrientes, mostrando assim que a canola tem alta capacidade fenoplástica, compensando a falta de plantas com a emissão de um número maior de ramificações e, conseqüentemente, maior número de siliquis por planta. A tendência de redução de matéria seca de parte área em plantas de canola devido a competição também ocorre em canola forrageira. Ahmadi, Rad e Delkhosh (2014), verificaram que no subperíodo de alongação do caule, as plantas atingiram a maior massa de matéria seca na densidade de 150 Pl m⁻² e a partir desta densidade a massa seca por planta decresceu até 22 % na densidade de plantas de 200 Pl m⁻².

A M20S apresentou também diferença significativa entre as plantas de canola oriundas dos diferentes estádios de sobressemeadura à soja (apêndice D). A sobressemeadura realizada em R7 foi a que resultou na melhor média, provavelmente porquê as plantas alocaram mais fotoassimilados nos grãos ao contrário das plantas da sobressemeadura em R5, que tiveram maior produção de massa da parte aérea, acumulando menos fotoassimilados nos grãos. Também foi verificada diferença significativa entre as épocas de sobressemeadura de canola para a variável número de siliquis por planta (Apêndice D). As plantas relativas a sobressemeadura no estágio R5 da soja apresentaram maiores médias de NS/P do que as do estágio R7 (Tabela 1), não havendo diferença entre os tratamentos de densidade de sobressemeadura (Apêndice D). O maior NS/P das plantas da época de sobressemeadura de R5, por estarem distribuídas isoladamente nas parcelas, indica não ter ocorrido competição entre as mesmas, e assim tiveram espaço para maior emissão e desenvolvimento de ramos e maior

número de siliquis por planta. Krüger et al. (2011), verificaram que com uma menor a densidade de plantas existe a tendência de haver uma maior produção de siliquis por planta. Obtiveram NS/P de 572 e 186 para as densidades de 20 e 40 plantas por metro quadrado, respectivamente, indicando competição intraespecífica e drástica redução de NS/P com apenas a duplicação da densidade de plantas.

O número médio de grãos por síliqua (NG) não apresentou interação significativa entre os níveis do fator época de sementeira e densidade, tendo diferença apenas entre épocas, sendo superior na segunda época de sementeira (Tabela 1). O número de grão por síliqua está diretamente ligado com a polinização das flores, que pode ser afetada por fatores como, condições meteorológicas e disponibilidade de polinizadores (Halinski, 2018), o fato da sementeira em R5 ter valores menores de NG que os de R7 pode estar relacionado com o período de floração, já que o mesmo se estendeu do dia 2 de maio até o 26 de agosto de 2018 para a sementeira de R5, enquanto as plantas de canola da sementeira à soja em R7 se mantiveram em floração do dia 20 de maio até 30 de julho de 2018. Portanto, o período de floração da sementeira de R7 foi menor, as condições meteorológicas foram melhores, com menos dias chuvosos (Figura 1).

Outro fator que mostra que o período de floração interferiu no número de grãos é o comprimento do siliquis, que não diferiu significativamente entre épocas (Tabela 1), pois assim as siliquis poderiam ter mais grãos, mas não houve fecundação e ou desenvolvimento maior de grãos.

A variável M100G teve diferença significativa para épocas de sementeira. Na comparação estatística entre médias, a primeira época de sementeira teve maior M100G (Tabela 1). No entanto, embora maior, esta diferença a campo provavelmente não teve grande influência na produtividade, visto que a diferença entre as épocas R5 e R7 é de apenas 0,04 gramas. Essa pequena diferença pode ser explicada por uma maior translocação dos fotoassimilados para um menor número de grãos nas plantas de canola originadas da sementeira na soja em R5.

Para a avaliação da produtividade o teste de comparação de médias realizado por contrastes ortogonais (Tabela 2) mostrou significância para poucos contrastes (Apêndice E), provavelmente devido à grande variabilidade de densidade de plantas originada pelo procedimento de sementeira realizado de forma manual e a provável maior variabilidade espacial das condições de germinação das sementes de canola sobre o solo do que a variabilidade que ocorre quando se faz a sementeira em linha no solo.

TABELA 2 – Contrastes ortogonais para a produtividade de canola nas épocas de sobressemeadura R5, R7 e Testemunha e sua média obtida (kg ha⁻¹), em Santa Maria, RS.

Tratamentos	Médias	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
3 kg R5	261,1	1	1	3	0	0	0	0	0
6kg R5	331,8	1	1	-1	2	0	0	0	0
12kg R5	348,1	1	1	-1	-1	1	0	0	0
18 kg R5	368,4	1	1	-1	-1	-1	0	0	0
3 kg R7	1919,9	1	-1	0	0	0	3	0	0
6kg R7	2527,2	1	-1	0	0	0	-1	2	0
12kg R7	2721,6	1	-1	0	0	0	-1	-1	1
18 kg R7	2548,1	1	-1	0	0	0	-1	-1	-1
Testemunha	1301,6	-8	0	0	0	0	0	0	0
Estimativa		613,0	-8407,3*	-265,0	-53,0	-20,3	-2037,3*	-215,3	173,5

C1= contraste das sobressemeadura R5 e R7 com a testemunha, C2 = contraste ente R5 e R7, C3= contraste do tratamento 3 kg R5 com 6, 12 e 18 kg em R5, C4 contraste do tratamento 6 kg R5 com 12 e 18 kg em R5, C5 contraste do tratamento 12 kg R5 com 18 kg em R5, C6= contraste do tratamento 3 kg R5 com 6, 12 e 18 kg em R7, C7 contraste do tratamento 6 kg R5 com 12 e 18 kg em R7, C8 contraste do tratamento 12 kg R5 com 18 kg em R7, * significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F

Quando foram comparadas as duas épocas de sobressemeadura com a testemunha (Contraste 1), a análise de variância pelos contrastes ortogonais indicou de que não há diferença significativa (Tabela 2), evidenciando que a técnica de sobressemeadura da canola à soja pode ser indicada e a mesma provavelmente não trará perdas na produtividade se a densidade de plantas estabelecidas for de pelo menos 36 Pl m⁻².

No contraste 2 foi comparada produtividade para a sobressemeadura entre as duas épocas (R5 e R7), obtendo-se diferença entre elas (Tabela 2). As melhores produtividades foram auferidas nas unidades experimentais em que a sobressemeadura foi realizada quando a soja estava no estádio R7 (Tabela 2), sendo os valores de produtividade maiores que a média de produtividade do Rio Grande do Sul, que foi 1.343 kg ha⁻¹ no ano de 2018 (CONAB, 2018). Essa produtividade foi similar a obtida no tratamento testemunha, semeada da forma tradicional em linha logo após a colheita da soja na densidade de 3 kg ha⁻¹, isto é, 26 dias após a sobressemeadura realizada quando a soja estava em R7.

Nos contrastes 3, 4 e 5, onde foram comparados os diferentes tratamentos de densidade de sementes da sobressemeadura em R5 na variável produtividade, entre si, não houve diferença significativa.

O contraste 6 indicou diferença significativa (Tabela 2), onde na comparação a produtividade do tratamento 3 kg ha⁻¹ de semente de canola sobressemeada no estádio R7 da

soja com as demais densidades sobressemeadas em R7, mostrou-se inferior aos tratamentos com 6, 12 e 18 kg ha⁻¹

Quando foram comparadas as produtividades dos tratamentos 6 kg ha⁻¹ com 12 e 18 kg ha⁻¹ e 12 kg ha⁻¹ com 18 kg ha⁻¹ entre si, nos contrastes 7 e 8 respectivamente, verificou-se não haver diferença entre as produtividades dos mesmos, podendo-se assim recomendar a densidade de 6 kg ha⁻¹ como suficiente e adequada para um estabelecimento inicial da cultura da canola, quando a sobressemeadura é realizada no estágio R7 da soja e há condições propícias para a germinação das sementes.

A sobressemeadura em R7 possibilitou um ganho de tempo no calendário civil, visto que a colheita foi realizada dia 23 de agosto de 2018, com cerca de 156 dias de ciclo total, enquanto as plantas originadas da sobressemeadura à soja em R5 e a testemunha foram colhidas no dia 28 de setembro de 2018, cerca de 212 e 166 dias do ciclo respectivamente, resultando em 36 dias de ganho real na antecipação da colheita com o procedimento de sobressemeadura realizado na soja no estágio R7. Esta duração do ciclo foi muito semelhante a encontrada por Luz et. al. (2009), que obteve duração do ciclo de 162 dias para a cultivar Hyola 433 semeada em 3 de abril em Santa Maria, RS. O aumento do ciclo da canola sobressemeada em R5 pode ser atribuído a baixa ou nenhuma competição com outras plantas de canola, visto que as mesmas se encontravam totalmente isoladas nas parcelas, este fato fez com que as plantas emitissem mais ramificações, resultando em maior MSPA e maior NS/P (Tabela 1).

5. CONCLUSÕES

Nas condições meteorológicas do ano agrícola de 2018 pode-se concluir que:

A canola tem a capacidade de estabelecer e se desenvolver no sistema de sobressemeadura, quando a mesma for realizada no estágio R7 de desenvolvimento da soja.

O ganho de tempo na data da colheita da canola no calendário civil foi de 36 dias na canola sobressemeada em R7 da soja, o que pode possibilitar a implantação da cultura subsequente com maior antecedência permitindo intensificar os sistemas de cultivo para eventuais 5 ciclos de cultivo em dois anos agrícolas sob condições favoráveis, o que geralmente não é possível com os métodos de semeadura tradicionais em utilização.

A melhor densidade de sementes de canola para realizar a sobressemeadura em Santa Maria, RS, foi a de 6 kg ha⁻¹, sobressemeados no estágio R7 da cultura da soja.

A produtividade da canola sobressemeada a soja no estágio R7 foi maior do que a semeada em linha logo depois da colheita da soja, em Santa Maria, RS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABATI, J.; BRZEZINSKI, C. R.; FOLONI, J. S. S.; ZUCARELI, C.; BASSOI, M. C.; HENNING, F. A. Emergência de plântulas e desempenho produtivo de cultivares de trigo em função do vigor de sementes e densidades de semeadura. *Journal of Seed Science*, Londrina, v. 39, n. 1, p. 58-65, 2017.

AHMADI, B.; RAD, A. H. S.; DELKHOSH, B. Evaluation of plant densities on analysis of growth indices in two canola forage (*Brassica napus* L.). **European Journal of Experimental Biology**, vol. 4, n 2, p. 286-294, 2014.

ALTMANN, N. **Sobressemeadura: aérea de pastagens**. Relatório da Atividade, SINDAG (Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola). 2009.

ANGADI, S.V. et al. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. **Crop Science**, v. 43, p. 1358-1366, 2003.

ALMEIDA, F. L. D. et al. Produtividade de soja em diferentes posições entre renques de eucalipto em cultivo consorciado. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n. 1, p. 33-44, 2014.

BAKHTIARI, Z.; SAEEDIPOOR, S., Evaluating the effects of competition among different densities of mallow (*Malva parviflora*) using replacement series method on the yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.). **International Journal of Biosciences**. v. 4, p. 78-86, 2014.

BANDEIRA, Taiane Pettenon. Ecofisiologia da canola hyola 61 sob variações no arranjo de plantas. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013.

BANDEIRA, T.P; CHAVARRIA, G; TOMM, G.O. Desempenho agrônômico de canola em diferentes espaços entre linhas e densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1332-1341, 2013.

Bewley J. D., Bradford K. J., Hilhorst H. W. M., Nonogaki H. (1994). **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. New York, NY: Springer; 10.1007/978-1-4614-4693-4

BLACKSHAW, R. E. et al. Combining agronomic practices and herbicides improves weed management in wheat-canola rotations within zero-tillage production systems. **Weed Science**, v. 53, p. 528-535, 2005.

BORGHETTI, F. Dormência embrionária. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artimed, 2004, p.109-123.

BURIOL, G.A. et al. Disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrerem no estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v.10 (suplemento), p.1-141, 1980.

CANOLA COUNCIL OF CANADA, **The History of Canola**, p. 1, 2016. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/oil-and-meal/what-is-canola/the-history-of-canola/>>. Acesso em 20 de julho de 2018.

CARDOSO, C.D.V. Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nos solos da região Central do Estado do Rio Grande do Sul. 2005. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CARNEIRO, J.W.P.; BRACCINI, A.L. Relações hídricas durante a germinação de sementes. **Informativo Abrates**, Brasília. v. 6, n. 2-3, p. 68-76. 1996.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Germinação**. In: CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes - ciência, tecnologia e produção. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, Cap.7, p.107-143, 1983.

CHAVARRIA, G. et al. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2084-2089, 2011.

CHENG, L. et al. Study on membrane reactors for biodiesel production by phase behaviors of canola oil methanolysis in batch reactors. **Bioresource Technology**, v.101, p.6663-6668, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, Décimo segundo levantamento, setembro 2017 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2017.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, Décimo levantamento, Safra 2017/18 , Brasília, julho 2018.

CONE, J.W.; KENDRICK, R.E. **Photocontrol of seed germination**. In: KENDRICK, R.E.; KRONENBERG, G.H.M. (Ed.) Photomorphogenesis in plants. Dordrecht: M. Nijhoff, 1986. p. 187-203.

CONCEIÇÃO, G. M.; LUCIO, A. D.; HENNING, L. M. M.; HENNING, F. A.; BECH, M.; ANDRADE, F. F. Physiological and sanitary quality of soybean seeds under different chemical treatments during storage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, p. 1020-1030, 2016

DAUGOVISH, O., THILL, D.C., SHAFII, B., Modeling competition between wild oat (*Avena fatua* L.) and yellow mustard or canola. **Weed Science**. v. 51, p. 102-109, 2003.

DE MORI, C.; TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 149). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/988475>>. Acesso em: 23 de julho de 2018.

DEMUNER, V. G. et al. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Erythrina verna* (Leguminosae, Papilionoideae). **Museu de Biologia Professor Mello Leitão**, n. 24, p. 101-110, 2008.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª. Ed. Rio de Janeiro, RJ, 2016. 342p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Definição e histórico de Canola**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2016. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/definicao.htm>. Acesso: 26 de outubro de 2017

FAO. FAOSTAT. Food and agriculture organization of the United nations (2016). Disponível em < <http://www.fao.org/faostat/en/>>. Acesso: 19 de julho de 2018.

FLORIANO, P. E. **Germinação e dormência de sementes florestais**. Caderno Didático nº 2, 1ª ed. / Eduardo P. Floriano, 2004.

GAZZONI, D.L. et al. Balanço energético da cultura da canola para a produção de biodiesel. **Espaço energia**, número II, 2009.

GOMMERS CMM, Monte E (2018) Seedling establishment: a dimmer switch-regulated process between dark and light signaling. **Plant Physiol** 176: 1061–1074

GULDEN, R. H.; WARWICK, S. I.; THOMAS, A. G. The Biology of Canadian Weeds. 137. *Brassica napus* L. and *B. rapa* L.. **Canadian Journal of Plant Science**. 88: 951-996. (2008).

HALINSKI, R. et al. Influence of wild bee diversity on canola crop yields. **Sociobiology**. v 65, p 751–759, 2018.

HARKER, K. N. et al. Seeding rate, herbicide timing and competitive hybrids contribute to integrated weed management in canola (*Brassica napus*). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 83, p. 433-440, 2003.

HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, p. 43-58, 2009.

MELO, J. G. Controle de qualidade e prioridades de conservação de plantas medicinais comercializadas no Brasil. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

HOLMAN, J.D. et al. Persian darnel (*Lolium persicum*) fecundity response to spring wheat, canola, and sunflower interference. **Weed Technol.** n. 20, p 430 -437, 2006.

HOPPE, J. M. Crescimento do platanus x acerifolia em diferentes espaçamentos. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9. 2003, Nova Prata. **Anais**. Nova Prata: UFSM/ Prefeitura Municipal de Nova prata, 2003.

HOSSEINI, N. M.; ALIZADEH, H. M.; AHMADI, H. M. **Effects of plant density and nitrogen fertilizer on the competitive ability of canola (*Brassica napus* L.) with weeds**. In: 6th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control 47 Lillehammer, Norway, 8e10 March 2004. European Weed Research Society, Doorwerth, 2004.

JACOB JUNIOR, E.A et al. Changes in canola plant architecture and seed physiological quality in response to different sowing densities. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 34, n.1, p.14-20, 2012

KRÜGER, C. A. M. B. et al. Plant Arrangement in the Expression of Yield Components of Canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46, 1448-1453, 2011.

KUINCHTNER, A; BURIOL, G.A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Exatas, S. Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da OEA, Washington. 1983. 149 p.

LANDERS, J. N. **Tropical crop–livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience**. Rome: FAO, 2007. 9 p.

LARA CABEZAS, W. A. R. Sobressemeadura com sementes de milho revestidas no Triângulo Mineiro-MG: estudo preliminar. **Revista Plantio Direto**, v. 13, n. 79, p. 16-18, 2004.

LEMERLE, D., et al. Seeding rate and cultivar effects on canola (*Brassica napus*) competition with volunteer wheat (*Triticum aestivum*). **Crop Pasture Sci.** 67 (in press), 2016.

LIU, L. et al. Fine root distributions in oilseed and pulse crops. **Crop Science**, v. 50, n. 1, p. 222-226, 2010.

MACHADO, L. A. Z. **Sobressemeadura de forrageiras: aumento da disponibilidade de pasto e palha**, RS, edição 124, julho/agosto de 2011.

MARIA, I. C.; DI TROCCHIO, M. F.; PIEDADE, R. C.; DUARTE, A. P. Sobressemeadura de braquiária em soja para produção de palha em sistema plantio direto na região do Médio Paranapanema, SP. **Boletim Científico**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 1-20, 2012.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: Pergamon Press, 1989. 270 p.

MELGAREJO, M. A. et al. Características agronômicas da canola em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA, 2014, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2014. 5 p.

MIKUSINSK, O. M. Testes de embebição e germinação em sementes de *Ipomoea aristolochiaefolia*. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v. 9, n. 3, p. 103-108. 1987.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: Pergamon Press, 1989. 270 p.

MOREIRA, A.L.; REIS, R.A. Técnica da sobressemeadura de forrageiras de inverno sobre o capim Tifton-85. **Boletim de Indústria Animal**, v.64, n.3, p.197-206, 2007.

NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; FERNADES, G. **Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Germinação de Sementes**. Instituto de Pesquisas Estudos Florestais, 1998. Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.asp>>. Acesso em: <20/10/2017>.

O'DONOVAN, J.T. Canola (*Brassica rapa*) plant density influences tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) interference, biomass, and seed yield. **Weed Sci.** v. 42, p. 385-389, 1994.

O'DONOVAN, J.T. et al. Crop seeding rate influences the performance of variable herbicide rates in a canola-barley-canola rotation. **Weed Technol.** v. 18, p.733 -741, 2004.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **Consensus document on the biology of the brassica crops (*Brassica spp.*)**. Series on Harmonisation of Regulatory Oversight of Biotechnology, No 54, OECD, Paris, 2012, 142p.

PACHECO, L. P. et al. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008.

PACHECO, L. P. et al. Emergência e crescimento de plantas de cobertura em função da profundidade de semeadura. **Semina: ciências agrárias**, v. 30, n. 2, p. 305-314, 2009.

PÁDUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; NETO, F. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 3, p.009-016, 2010.

PEREIRA FILHO; I. A.; CRUZ J. C. Densidade de Semeadura, EMBRAPA Disponível em <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AG01_49_168200511159.html>

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: **Agiplan**, 1985. 289p

RAMACHANDRAN, S. et al. Oil cakes and their biotechnological applications - A review. **Bioresource Technology**, v.98, n.10, p. 2000-2009, 2009. Disponível em: <<http://www.prairieswine.com/pdf/3184.pdf>>. Acesso em: 23 de outubro de 2017

RAO, B. V. K. et al. Carbon-based solid acid catalyst from de-oiled canola meal for biodiesel production. **Catalysis Communications**, v.14, n.1, p.20-26, 2011.

REIS, V.M.; REIS JUNIOR, F.B. dos; QUESADA, D.M.; OLIVEIRA, O.C.A. de; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Biological nitrogen fixation associated with tropical pasture grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.837-844, 2001.

ROSO, C.; RESTLE, J.; SOARES, A. B. Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa-MG, v.28, n.3, 1999.

SBCS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10a. Ed. Porto Alegre, 2016.

SHARAFIZADEH, M. et al. **Effect of planting date and planting pattern on quality and quantity yield of canola hybrid seed (Hayola 401)**. Disponível em: <[http://www.thefreelibrary.com/Effect of planting date and planting pattern on quality and quantity...-a0304466633](http://www.thefreelibrary.com/Effect+of+planting+date+and+planting+pattern+on+quality+and+quantity...-a0304466633)>. Acesso em: 06 de outubro de 2017.

SILVA, Jocélia Rosa da. Crescimento, desenvolvimento e produtividade da camomila em diferentes datas de semeadura e espaçamento entre plantas. 2018. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

STRECK et al. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER-RS, 2008, 222p.

TARTAGLIA, F. L. et al. Non-destructive models for leaf area determination in canola. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, Campina Grande-PB, v.20, n.6, p.551-556, 2016.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. (Org.) Soja: manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.13-34. 243p

TOMM, G. O. Canola: alternativa de renda e benefícios para os cultivos seguintes. **Revista Plantio Direto**, v. 15, n. 94, p. 4-8, 2006. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=727>. Acesso em: 22 de setembro de 2017.

TOMM, G. O. et al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, pp.41, 2009. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm>. Acesso em: <22 de setembro de 2017>.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Embrapa Trigo, pp.14, 2007. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/p_sp03_2007.pdf. Acesso em: 07 de agosto de 2017

USDA. **Oilseeds: World markets and trade**. Washington, 2018. 27p. (Circular series FOP 11-02).

WANG, R.; CHENG, T.; HU, L. Effect of wide-narrow row arrangement and plant density on yield and radiation use efficiency of mechanized direct-seeded canola in Central China. **Field Crop Research**, v. 172, p. 42–52, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A- ENROLAMENTO DO CAULE NA BASE DAS PLANTAS DE CANOLA NO ESTÁDIO DE ELONGAÇÃO DO BOTÃO FLORAL SOBRESSEMEADA QUANDO A SOJA ATINGIU O ESTÁDIO R5 (A, B), E BASE DO CAULE DE PLANTAS NO ESTÁDIO DE ALONGAMENTO DA HASTE FLORAR DE PLANTAS DE CANOLA SOBRESSEMEADA QUANDO A SOJA ATINGIU O ESTÁDIO R7 (C, D); SANTA MARIA, RS, 2018.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE B – QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL CONTAGEM DE PLANTA APÓS COLHEITA DA SOJA (PL m⁻²), EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA (EP) E DENSIDADE DE SOBRESSEADURA NO ANO DE 2018. SANTA MARIA, RS, 2019.

	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EP	1		17215,3290	17215,3290	459,994	0,0000*
DENSIDADE	3		7224,7688	2408,2562	64,349	0,0000*
EP*DENSIDADE	3		6665,3744	2221,7914	59,366	0,0000*
BLOCO	3		67,5255	22,5085	0,601	0,6212 ^{ns}
Erro	21		785,9282	37,4251		
Total corrigido	31		31958,9261			
CV (%)	24,31					
Média geral	25,1656	Número de observações:32				

* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F; FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; SQ = soma de quadrado; QM = quadrado médio do erro; Fc = Fator calculado; Pr>Fc = P valor; CV = coeficiente de variação

APÊNDICE C - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL ÍNDICE DE AREA FOLIAR (IAF) NO ESTÁDIO DE PLENA FLORAÇÃO DA CANOLA, EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA (EP) E DENSIDADE DE SOBRESSEADURA NO ANO DE 2018. SANTA MARIA, RS, 2019.

	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EP	1		49,2032	49,2032	88,776	0,0000*
DENSIDADE	3		22,1803	7,3934	13,340	0,0000*
EP*DENSIDAD	3		19,9923	6,6641	12,024	0,0001*
BLOCO	3		2,4494	0,8164	1,473	0,2505 ^{ns}
Erro	21		11,6389	0,5542		
Total corrigido	31		105,4642			
CV (%)	54,4					
Média geral	1,4					

* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F; FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; SQ = soma de quadrado; QM = quadrado médio do erro; Fc = Fator calculado; Pr>Fc = P valor; CV = coeficiente de variação

APÊNDICE D - QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS ALTURA, MATÉRIA SECA DE PARTE AÉREA, PESO DE 20 SÍLIQUAS, NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA, NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA, MASSA DE 100 GRÃOS E COMPRIMENTO DE SÍLIQUA DE PLANTAS DE CANOLA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA (EP) E DENSIDADE DE SOBRESSEADURA NO ANO DE 2018. SANTA MARIA, RS, 2019.

(Continua)

FV	ALTURA				
	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EP	1	0,0427	0,0427	4,039	0,0505 ^{ns}
DENSIDADE	3	0,0133	0,0044	0,420	0,7402 ^{ns}
EP*DENSIDADE	3	0,0143	0,0047	0,450	0,7197 ^{ns}
BLOCO	3	0,0105	0,0035	0,332	0,8020 ^{ns}
Erro	21	0,2224	0,0105		
Total corrigido	31	0,3034			
CV (%)	9,37				
Média geral	1,0984				Número de observações:32
FV	MATÉRIA SECA DE PARTE AÉREA				
	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EP	1	106395,3852	106395,3852	61,206	0,0000*
DENSIDADE	3	10673,3914	3557,7971	2,047	0,1381 ^{ns}
EP*DENSIDADE	3	1724,6531	574,8843	0,331	0,8032 ^{ns}
BLOCO	3	1359,0379	453,0126	0,261	0,8530 ^{ns}
Erro	21	36504,3655	1738,3031		
Total corrigido	31	156656,8333			
CV (%)	43,69				
Média geral	95,4265				Número de observações:32
FV	PESO DE 20 SÍLIQUAS				
	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EP	1	0,7781	0,7781	18,401	0,0003*
DENSIDADE	3	0,1261	0,0420	0,994	0,4149 ^{ns}
EP*DENSIDADE	3	0,1841	0,0613	1,451	0,2564 ^{ns}
BLOCO	3	0,1126	0,0375	0,888	0,4634 ^{ns}
Erro	21	0,8880	0,0422		
Total corrigido	31	2,0890			
CV (%)	9,39				
Média geral	2,1890				Número de observações:32
FV	NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA				
	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EP	1	21,9453	21,9453	5,683	0,0266*
DENSIDADE	3	39,1825	13,060833	3,382	0,0373*
EP*DENSIDADE	3	11,8384	3,9461	1,022	0,4029 ^{ns}
BLOCO	3	8,8168	2,9389	0,761	0,5285 ^{ns}
Erro	21	81,0918	3,8615		
Total corrigido	31	162,8750			
CV (%)	10,77				
Média geral	18,2375				Número de observações:32
FV	NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA				

(Continuação)

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EP	1	3946153,4778	3946153,4778	53,611	0,0000*
DENSIDADE	3	356912,2459	118970,7486	1,616	0,2156 ^{ns}
EP*DENSIDADE	3	41369,8334	13789,9444	0,187	0,9039 ^{ns}
BLOCO	3	50833,7834	16944,5944	0,230	0,8744 ^{ns}
Erro	21	1545758,8840	73607,5659		
Total corrigido	31	5941028,2246			
CV (%)	48,38				
Média geral	560,7281				Número de observações:32
MASSA DE 100 GRÃOS					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EP	1	0,0091	0,0091	6,427	0,0193*
DENSIDADE	3	0,0034	0,0011	0,811	0,5020 ^{ns}
EP*DENSIDADE	3	0,0024	0,0008	0,573	0,6390 ^{ns}
BLOCO	3	0,0181	0,0060	4,273	0,0167 ^{ns}
Erro	21	0,0297	0,0014		
Total corrigido	31	0,0629			
CV (%)	8,89				
Média geral	0,4237				Número de observações:32
COMPRIMENTO DE SÍLIQUA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EP	1	0,1300	0,1300	1,271	0,2723 ^{ns}
DENSIDADE	3	0,6711	0,2237	2,186	0,1198 ^{ns}
EP*DENSIDADE	3	0,1002	0,0334	0,326	0,8063 ^{ns}
BLOCO	3	0,4068	0,1356	1,325	0,2928 ^{ns}
Erro	21	2,1491	0,1023		
Total corrigido	31	3,4573			
CV (%)	7,06				
Média geral	4,5287				Número de observações:32

* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. FV = fator de variação, GL = grau de liberdade; SQ = soma de quadrado; QM = quadrado médio do erro; Fc = Fator calculado; Pr>Fc = P valor; CV = coeficiente de variação

APÊNDICE E – QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL PRODUTIVIDADE DE CANOLA OBTIDO PELO MÉTODO DOS CONTRASTES ORTOGONAIS, NO ANO DE 2018. SANTA MARIA, RS, 2019

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Contraste 1	1	20878,1908	20878,1908	0,104	0,7502 ^{ns}
Contraste 2	1	35341811,99	35341811,99	175,512	0,0000*
Contraste 3	1	23415,6479	23415,6479	0,116	0,7361 ^{ns}
Contraste 4	1	1874,2446	1874,2446	0,009	0,9239 ^{ns}
Contraste 5	1	829,5499	829,5499	0,004	0,9494 ^{ns}
Contraste 6	1	1383512,2980	1383512,29	6,871	0,0150*
Contraste 7	1	30910,3774	30910,3774	0,154	0,6987 ^{ns}
Contraste 8	1	60190,6208	60190,6208	0,299	0,5896 ^{ns}
Erro	24	4832726,8447	201363,6185		

* e ns, significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F; FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; SQ = soma de quadrado; QM = quadrado médio do erro; Fc = Fator calculado; Pr>Fc = fator calculado.