

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS IBIRUBÁ**

**COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES
DE SOJA SOB DENSIDADES DE SEMEADURA**

BRUNO ALCIDES MALDANER

Ibirubá, março de 2022.

BRUNO ALCIDES MALDANER

**COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA SOB
DENSIDADES DE SEMEADURA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado junto ao curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá como requisito parcial da obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Daniela Batista dos Santos

Ibirubá, março de 2022.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha vida e por proporcionar inúmeras graças e realizações e ainda por colocar em minha vida pessoas com que posso confiar.

Aos meus pais, Alcides Maldaner e Rosilene Tischer Maldaner, meu irmão Edegar Thomas Maldaner, por todo incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida, e ainda mais presentes quando as dificuldades se apresentavam maiores. Obrigado por sempre estarem ao meu lado, sendo um belo exemplo, pilar que me ajuda a crescer.

Ao restante da família, que de uma maneira ou de outra estiveram presentes, apoiando nesta etapa tão importante.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, os quais menciono a Júlia Cassel, a Gabriele Rother, o Pedro Gatti, a Bruna Kreling, o Cristiano Tonet e o Matheus Puhl, os quais auxiliaram nos trabalhos ao Campus, para a realização das atividades em meio a pandemia. Além disso, menciono também colegas de graduação que se fizeram presentes em todo curso, a Giovana Simon, o Lucas Vergutz, o Emerson Schafer e o Thiago Durigon.

A minha orientadora, Daniela Batista dos Santos, por me orientar com toda a dedicação. Serei eternamente grato por todos os ensinamentos durante este período, por acreditar, incentivar sempre o melhor não somente neste trabalho, mas também em todos os demais realizados, sendo um grande exemplo profissional e pessoal. Seus conhecimentos serão levados comigo, bem como os conselhos que me ajudaram a crescer durante minha formação.

A todos os professores e funcionários do IFRS Campus Ibirubá, que direta ou indiretamente contribuíram em todo esse processo, com ensinamentos nas mais diversas áreas e por todo o suporte para a condução deste trabalho.

RESUMO

Devido ao aumento populacional e a maior demanda por alimentos, a cultura da soja em razão da sua grande aplicabilidade como matéria prima para a cadeia alimentar, tem se tornado uma das principais commodities agrícolas mundiais. Por seu grande valor agregado, são fomentados manejos que buscam o aumento da produtividade da soja, dentre estes o adensamento de plantas. Diante disso, este trabalho objetiva avaliar o efeito da densidade de plantas sobre as características agronômicas e o rendimento de grãos de diferentes cultivares de soja, para as condições edafoclimáticas da microrregião de Ibirubá-RS. O experimento foi realizado na área didática experimental do IFRS Campus Ibirubá no ano de 2020/2021. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com 3 repetições. As parcelas principais foram compostas pelos cultivares DM53i54 IPRO, Zeus IPRO, Lança IPRO, DM5958 IPRO e Delta IPRO e as subparcelas pelas densidades de semeadura, as quais foram compostas pela densidade normal (recomendada para cada cultivar) e alta densidade (aproximadamente 50% acima da recomendada). As avaliações consistiram no acompanhamento da sucessão de estádios fenológicos e na determinação do comprimento e número de ramos em estágio fenológico R6; em maturação fisiológica foi determinado os componentes de rendimento (quantificação de nós, legumes e grãos, altura de planta, rendimento biológico, índice de colheita, entre outros) e o rendimento de grãos. Os resultados foram submetidos ao teste F ($p < 0,05$) e quando significativos, comparados pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Quanto às cultivares observou-se diferença nos atributos altura de planta, inserção do primeiro legume, nós reprodutivos e legume na haste principal, nós totais e reprodutivos nas ramificações, e índice de colheita, devido às distintas morfologias e grupo de maturação. Para densidade, obteve-se aumento na altura de inserção de primeiro legume e distância de entrenó quando as plantas foram mais adensadas, relacionados à interceptação luminosa. Além disso, com o adensamento foram reduzidos o número de nós totais e reprodutivos da haste principal e ramificações, além do número de legumes na haste principal, ramificações e totais e número de grãos por planta. Como estas variáveis foram reduzidas, em nível de planta, com o adensamento, e o número de plantas foi aumentado por área, o rendimento de grãos ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) foi elevado em 3% não sendo significativo estatisticamente.

PALAVRAS-CHAVE: Adensamento. População de plantas. Morfologia vegetal. *Glycine max*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Escala fenológica da soja.....	12
Figura 2: Distribuição dos Grupos de Maturação no Brasil em função da latitude.....	13
Figura 3: Proposta de arquitetura de planta de soja para Revolução Verde.....	17
Figura 4: Localização da área experimental.....	19
Figura 5: Cobertura da área antecedente à semeadura.....	21
Figura 6: Segunda dessecação da área.....	22
Figura 7: Semeadora do Campus utilizada para implementação da cultura na área (A) e inoculação de sementes com seringa (B).....	24
Figura 8: Aplicação dos defensivos agrícolas na área.....	25
Figura 9: Dados climáticos de precipitação (mm) e temperatura média diária (°C), obtidos a partir de 03/11/2020 à 25/03/2021, durante o ciclo da cultura da soja, safra 2020/2021.....	26
Figura 10: Colheita das plantas presentes nos 2 metros lineares da linha central da parcela útil (A) e armazenamento das amostras, identificadas e acondicionadas em sacos aguardando processamento (B).....	27
Figura 11: Avaliação de comprimento e número de ramos.....	28
Figura 12: Representação do avanço de estádios fenológicos vegetativos dos cultivares estudados, safra 2020/2021, em dias após a semeadura.....	30
Figura 13: Representação do avanço de estádios fenológicos reprodutivos dos cultivares estudados, safra 2020/21, em dias após a semeadura.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Densidade de semeadura utilizada para densidade normal e alta densidade.....	23
Tabela 2: Comprimento de ramos (cm) referente ao desdobramento cultivar X terço das plantas em estágio fenológico R6.....	32
Tabela 3: Número de ramos referente ao desdobramento densidade de plantas X terço das plantas em estágio fenológico R6.....	33
Tabela 4: Resultados da análise de variância para rendimento de grãos em Kg.ha ⁻¹ (RG) e seus componentes (AP – altura de planta (cm); IPL - altura de inserção do primeiro legume (cm); DHP – diâmetro da haste principal (cm); NTHP – nós totais na haste principal (por planta); NRHP – nós reprodutivos na haste principal (por planta); LHP – legumes na haste principal (por planta); NTR – nós totais nas ramificações (por planta); NRR – nós reprodutivos nas ramificações (por planta); LR – legumes nas ramificações (por planta); LT – legumes totais (por planta); L/N – legumes por nó; DEN – distância do entrenó (cm); GL – grãos por legume; G/P – grãos por planta; PMG – peso de mil grãos (g); RB – rendimento biológico (em Kg.ha ⁻¹); IC – índice de colheita e MG/P – Massa de grãos por planta).....	34
Tabela 5: Análise das variáveis de interação significativa para a fonte de variação cultivar (AP – altura de planta (cm), IPL – altura de inserção do primeiro legume (cm), NRHP – nós reprodutivos na haste principal (por planta), LHP – legumes na haste principal (por planta), NTR – nós totais nas ramificações (por planta), NRR – nós reprodutivos nas ramificações (por planta), IC – índice de colheita).....	35
Tabela 6: Análise das variáveis de interação significativa para a fonte de variação densidade (IPL – altura de inserção de primeiro legume (cm), NTPH – nós totais na haste principal (por planta), NRHP – nós reprodutivos na haste principal (por planta), LHP – legumes na haste principal, NTR – nós totais na ramificação (por planta), NRR – nós reprodutivos nas ramificações (por planta), LR - legumes nas ramificações (por planta), DEN – distância do entrenó (cm), G/P – grãos por planta, MG/P – massa de grãos por planta (g) e RG – rendimento de grãos (KG.ha ⁻¹)).....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 DESENVOLVIMENTO	9
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1.1 Características agronômicas da soja	9
2.1.2 Fenologia da cultura da soja	11
2.1.3 Importância econômica da soja	13
2.1.4 Densidade de Semeadura.....	14
2.1.5 O Adensamento de Plantas.....	16
2.1.6 Métodos de recomendação de densidade e adensamento de plantas.....	17
2.2 METODOLOGIA.....	19
2.2.1 Localização do experimento	19
2.2.2 Delineamento experimental.....	20
2.2.3 Descrição dos cultivares utilizados	20
2.2.4 Semeadura e ajuste de densidade de plantas.....	21
2.2.5 Tratamentos fitossanitários, dados climáticos e colheita.....	24
2.2.6 Avaliações.....	27
2.2.7 Análise estatística	29
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	41
ANEXOS	47

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das mais importantes espécies oleaginosas cultivadas no mundo. Pelo seu alto potencial produtivo, nas diferentes regiões, a cultura tem um grande papel socioeconômico para o agronegócio brasileiro. A sua composição química contém alto teor proteico, que proporciona inúmeras aplicações na alimentação humana e animal. Diante disso, a soja é um insumo para muitas indústrias, além de que, seu cultivo estimula diversos outros complexos agroindustriais, por exemplo as indústrias de sementes, fertilizantes, agrotóxicos e máquinas agrícolas (MAUAD et al., 2010).

O Brasil na safra 2020/21, passou a ocupar o lugar de maior produtor de soja em grãos do mundo, com uma produção aproximada de 135 milhões de toneladas, equivalente a 37% da produção mundial. O estado do RS nesta mesma safra ficou como o segundo maior produtor de soja em grãos, produzindo aproximadamente 20 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2021). No município de Ibirubá, pertencente a microrregião sojícola 102 (Zoneamento Agrícola do MAPA – 2020/2021), da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, que contém os municípios que mais produzem soja no sul do País, como Tupanciretã, Júlio de Castilhos e Cruz Alta, foram cultivados um total de 42.300 hectares compostos por soja em grãos (IBGE, 2020).

A interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo, determinam a produtividade de uma cultura. Existem diversas práticas de manejo que visam atingir o máximo potencial produtivo em uma cultura comercial de soja, como o controle e monitoramento de doenças, plantas daninhas e insetos, o preparo do solo de forma conservacionista, cultivares adaptadas para a região, o uso de corretivo e fertilizantes conforme a necessidade, e sementes de alta qualidade com arranjo espacial de plantas (CRUZ et al., 2016).

Segundo Souza et al. (2010), nos últimos anos, a sojicultura nacional experimentou muitas mudanças, tanto no que diz respeito à utilização de novas tecnologias, como quanto ao uso do sistema de semeadura direta e o advento dos cultivares transgênicos Roundup Ready™, bem como a introdução de cultivares mais produtivos. Entretanto, os mesmos autores trazem que essas novas cultivares de soja apresentam hábito de crescimento e porte diferentes das primeiras linhagens de soja introduzidas no Brasil, o que exigiu mudanças no arranjo de plantas e nos espaçamentos praticados pelos produtores.

Desta maneira, uma possível modificação na arquitetura de planta e sua morfologia e, conseqüentemente, aumento de órgãos reprodutivos por unidade de área, seria uma

possibilidade de aumento da produtividade, visto a escassez de fronteiras agrícolas a serem exploradas e o aumento consecutivo da demanda mundial por soja em grão. A partir desse contexto, existe uma grande discussão relacionada com o adensamento de semeadura, como a proposta por Liu et al. (2020) que traz o aumento de densidade de plantas como uma “revolução verde” necessária para acréscimos de produção por área da cultura.

A maior densidade de semeadura, levando em consideração o uso de cultivares mais adaptadas para tal manejo (menos ramificadas e os ramos mais próximos à haste principal, além de maior número de legumes na haste principal, como descrita por Julio (2018)), é discutida em trabalhos que demonstram que ela pode influenciar na produtividade e nos seus componentes de rendimento, como no trabalho de Cruz et al. (2018), Pires et al. (2018), Liu et al. (2020) e Procópio et al. (2013). Nesse contexto, visto que, se mantidas as variáveis de componente de rendimento por planta, com o aumento do número de plantas por hectare, pode ser aumentada a produção, de acordo com as características morfofisiológicas das cultivares.

Dessa maneira, busca-se preencher essa lacuna de informações em relação ao adensamento de cultivares que possuem elevado potencial produtivo e são amplamente semeadas em nível regional, como as da obtentora GDM Genética do Brasil (a qual é detentora de aproximadamente 41% dos materiais genéticos apontados no estudo de Ensaio de Cultivares em Rede Soja RS 2020/2021 realizado pela Fundação Pró-Sementes). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da densidade de plantas (recomendada pela obtentora e 50% a mais) sobre as características agronômicas e o rendimento de grãos dos cultivares DM53i54 IPRO, Zeus IPRO, Lança IPRO, DM5958 IPRO e Delta IPRO, recomendados para as condições edafoclimáticas da microrregião de Ibirubá-RS.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Características agronômicas da soja

A soja (*Glycine max* (L) Merrill), conforme Nepumoceno; Farias; Neumaier (s.a), é uma planta herbácea, da classe Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae, gênero *Glycine* L., espécie *Glycine max*.

É uma planta originária do Leste da China, sendo uma das culturas mais antigas do mundo, conforme relatos do qual é utilizada há mais de cinco mil anos como alimento. A cultura da soja nos seus primórdios era uma planta rasteira que se desenvolvia ao longo do Rio Amarelo no Leste da China, a sua evolução aconteceu de plantas oriundas de cruzamentos naturais, sendo esta domesticada e melhorada por cientistas da antiga China (FARIAS et al., 2007).

O primeiro relato sobre o surgimento da soja no Brasil foi através de seu cultivo no ano de 1882, no estado da Bahia (BLACK, 2000). Logo depois, os imigrantes japoneses a levaram para São Paulo. A soja foi introduzida no Rio Grande do Sul somente no ano de 1914, mas por condições edafoclimáticas, principalmente em relação ao fotoperíodo, as variedades trazidas dos Estados Unidos se adaptaram melhor ao RS, visto que as condições climáticas eram similares com as regiões produtoras dos Estados Unidos, em detrimento a Bahia (BONETTI, 1981).

A soja é uma planta dicotiledônea, seu sistema radicular é pivotante, sua raiz principal é bem desenvolvida e também contém raízes secundárias em elevado número, essas raízes secundárias são ricas em nódulos com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (MISSÃO, 2006).

O caule é do tipo herbáceo com porte ereto variável de 60 a 150 cm, pubescente de pelos brancos, pardos ou tostados. Sendo bastante ramificado, com ramos inferiores mais alongados e todos os ramos formam um ângulo variável com haste principal alongada (MISSÃO, 2006).

As folhas são alternadas longas e pecioladas, folhas primárias unifolioladas, em sequência, compostas de três folíolos ovalados ou lanceolados, e de comprimento variável entre 0,5 a 12,5 cm. Na maioria das variedades, as folhas amarelam à medida que os frutos amadurecem e caem quando as vagens estão maduras. As flores estão inseridas em racemos curtos, axiliares de terminais, geralmente com 9 a 10 flores, de coloração variada, podendo ser amarela, branca ou violeta, dependendo do cultivar (MISSÃO, 2006).

A planta de soja apresenta um par de folhas simples, que estão inseridas opostamente no primeiro nó, acima do nó cotiledonar, de pecíolos longos, contudo o seu comprimento varia conforme a cultivar, posição da folha, função ao tipo de folha e das condições de luminosidade. As demais folhas são compostas, trifolioladas, da qual as dimensões foliares dependem do vigor da planta (MÜLLER, 1981; SEDIYAMA, 2009).

Os frutos são legumes achatadas, de coloração cinza, amarela palha ou preta, dependendo da variedade. Os legumes podem conter na sua parte interna de duas a cinco sementes, e ocorrem em agrupamentos de três a cinco, de modo que se pode encontrar até 400 grãos por planta. As sementes possuem forma arredondada, achatada ou alongada conforme a variedade. A coloração é variada e o tamanho também é variado, entretanto os consumidores finais preferem as sementes amarelas (FARIAS et al., 2007).

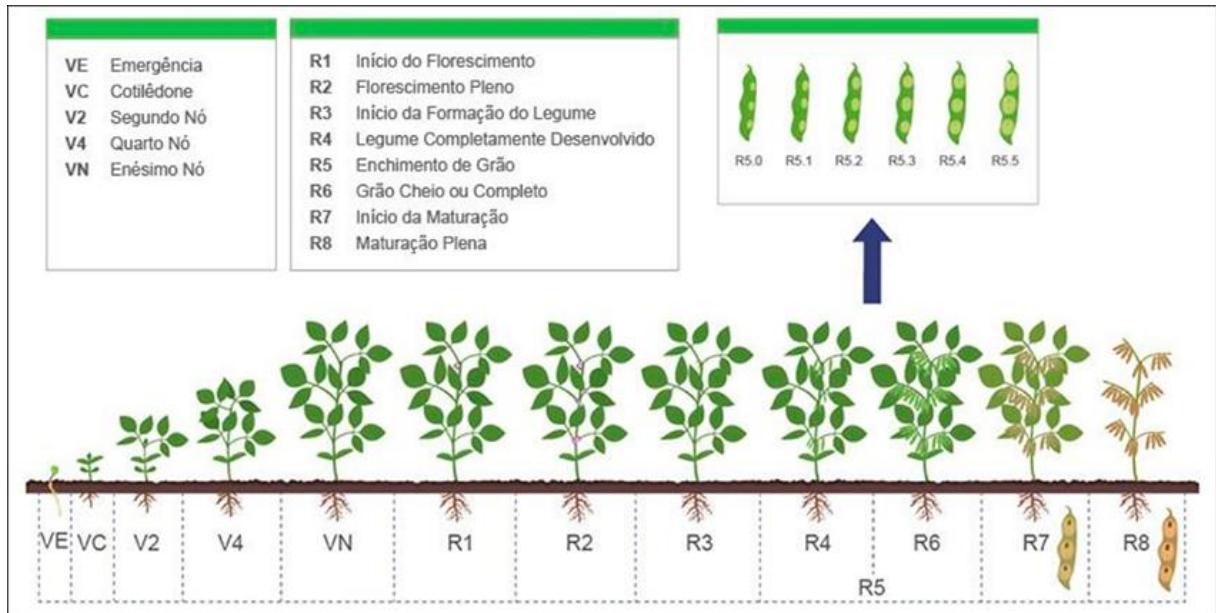
2.1.2 Fenologia da cultura da soja

A classificação dos estádios de desenvolvimento da soja, proposta por Fehr; Caviness (1977), é um modo de padronizar e identificar o estágio de desenvolvimento (podendo ser vegetativo ou reprodutivo) em que a planta da soja se encontra. A correta identificação dos estádios fenológicos é absolutamente necessária, pois facilita a comunicação oral e escrita, ajustando a linguagem e eliminando as interpretações equivocadas.

O estágio vegetativo é designado VE caracteriza a emergência dos cotilédones, isto é, uma plântula recém emergida é considerada em VE, ou seja, quando uma planta apresenta os cotilédones acima da superfície do solo. O estágio vegetativo designado VC caracteriza o estágio em que os cotilédones se encontram completamente abertos e expandidos, ou seja, quando as bordas das folhas unifolioladas da planta não mais se tocam. A partir do VC, as subdivisões dos estádios vegetativos são numeradas sequencialmente (V1, V2, V3, V4, V5, V6...Vn, onde “n” é o número de nós, acima do nó cotiledonar, com folha completamente desenvolvida) (FARIAS et al., 2007).

Os estádios reprodutivos são designados pela letra R seguida dos números um até oito, onde descrevem detalhadamente o período de florescimento e maturação. Os estádios reprodutivos envolvem quatro distintas fases do desenvolvimento reprodutivo da planta, ou seja, florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8) observados na Figura 1 (FEHR; CAVINESS 1977).

Figura 1 - Escala fenológica da soja

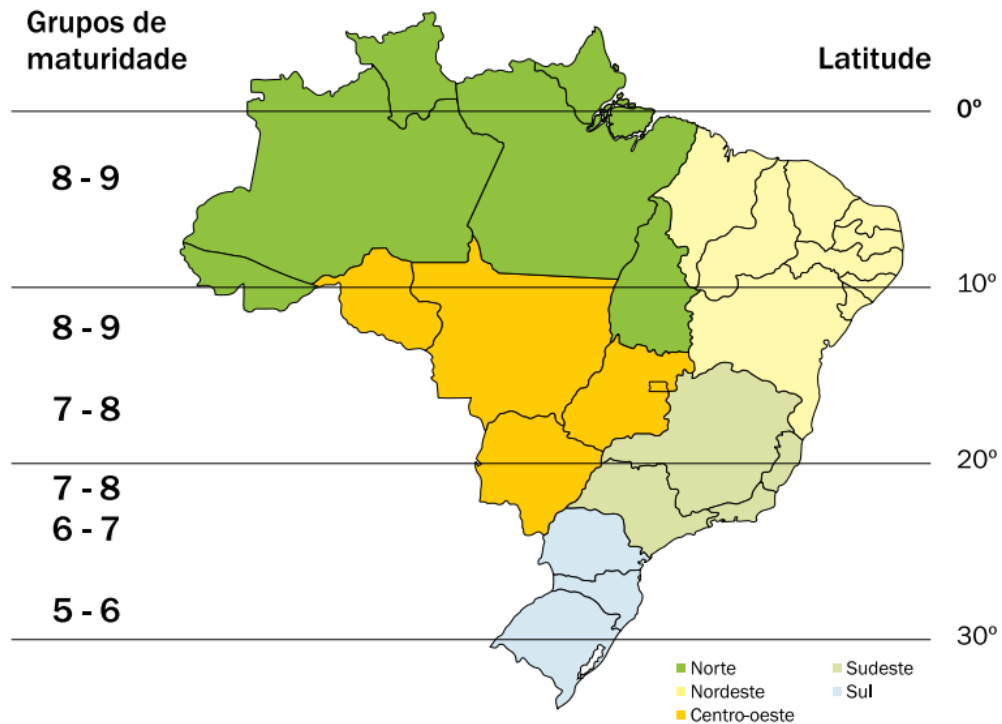


Fonte: Fehr; Caviness (1997)

Segundo Müller (1981) apud Tejo et al. (2019) a cultura apresenta uma grande diversidade no seu ciclo, onde podem ser classificados em grupos de maturação precoce, semiprecoce, médio e tardio, dependendo da região. O ciclo mais precoce é de 75 dias e o mais tardio com 200 dias.

A soja apresenta sensibilidade ao fotoperíodo, a adaptabilidade de cada cultivar depende da latitude. Conseqüentemente, cada cultivar apresenta uma faixa limitada de adaptação em função do seu grupo de maturidade. Os grupos de maturidade relativa predominantes em cada região com maior possibilidade de adaptação são observados na Figura 2 (EMBRAPA SOJA, 2016).

Figura 2 - Distribuição dos Grupos de Maturação no Brasil em função da latitude



Fonte: Embrapa Soja (2016)

2.1.3 Importância econômica da soja

A sojicultura é uma das principais atividades agrícolas praticadas no Brasil, sendo de grande importância econômica. Dados da CONAB (2022) mostram que no Brasil foram cultivados aproximadamente 39 milhões de hectares de soja na safra 2020/2021, e no Rio Grande do Sul, mais de 6 milhões, resultando em produções de aproximadamente 135 milhões de toneladas e 20 milhões de toneladas, para o Brasil e RS, respectivamente.

Estes dados demonstram como é de extrema importância a adoção de manejos que melhorem o rendimento e produção da cultura da soja, visto que ela é uma das commodities de grande importância regional, nacional e mundial. Somado a isso, devido ao aumento da população mundial, têm-se intensificado ainda mais a demanda por soja em grão, visto que esta é matéria prima para alimentação humana e animal.

Além disso, os produtores têm visto o preço da saca de soja crescer gradativamente na safra 2020/21, chegando a valores nunca atingidos antes.

Dada a grande valorização econômica da cultura, além do crescente aumento da demanda de soja em grão, a busca por novas metodologias e técnicas de manejo e cultivo têm sido uma crescente, visto a diminuta quantidade de fronteiras agrícolas que possam ser exploradas, sendo que então este aumento de produção deve ser resultante do aumento de produtividade por área, e não do aumento da área em si.

2.1.4 Densidade de Semeadura

A soja tem seu potencial de rendimento definido geneticamente e para este potencial ser atingido será resultante de fatores limitantes (ambiente) que estarão atuando em algum momento do seu ciclo. As implicações desses fatores podem ser diminuídas pela adoção de um conjunto de práticas de manejo em que as plantas tenham o melhor aproveitamento dos recursos ambientais (HEIFFIG, 2002).

Para o melhor desenvolvimento da cultura, são consideradas algumas práticas culturais: a escolha dos cultivares mais adaptados à região, o uso de espaçamentos e densidades adequados a esses cultivares, o monitoramento e controle das plantas daninhas, pragas e doenças e também a mínima perda de colheita possível (RITCHIE et al., 1994).

Outro fator de elevada importância a citar, é a época de semeadura, pois se a semeadura acontecer fora de época, ela pode causar redução no rendimento, dificultando a colheita mecanizada de tal maneira que essas perdas podem chegar a níveis elevados. Isto acontece pela ocorrência de alterações na altura da planta, como a altura de inserção das primeiras vagens, número de ramificações, diâmetro e acamamento (EMBRAPA,1999). Visando ajustar as épocas de semeadura às condições regionais, tem-se os calendários de zoneamento agrícola. Considerando que, em média, o solo da região de Ibirubá/RS possui mais que 35% de argila, ele se classifica no Tipo 3 de acordo com a Instrução Normativa Nº2 (2008). Assim, a época de semeadura adequada para as cultivares é de 01 de outubro a 31 de dezembro em Ibirubá, de acordo com o observado na Portaria Nº 159, de 28 de maio de 2020.

Diante disso, de acordo com Peixoto et al. (2000), que avaliaram 3 cultivares de soja (IAC-12, IAC-17 e IAC-19), em 3 densidades de plantas (10, 20 e 30 plantas.m²) e 3 épocas de semeadura (normal, tardia e safrinha), afirmam que assim como a densidade de semeadura, as épocas também são de extrema importância na produção de grãos.

Nesse contexto, a melhor população de plantas deve proporcionar uma elevada produtividade agrícola e também altura de planta e de inserção de primeira vagem apropriada

para a colheita mecanizada e plantas que não acamem. Estas características agronômicas são influenciadas pelo espaçamento e densidade de semeadura (GAUDÊNCIO et al., 1990; URBEN FILHO; SOUZA,1993).

De acordo com Fiss (2015), a faixa populacional recomendada oficialmente para o Brasil, desde os anos 80, é de 300.000 a 400.000 plantas de soja por hectare. No entanto, algumas regiões do Brasil vêm diminuindo para valores entre 200.000 e 300.000 plantas por hectare. Ainda, a densidade de plantas nas linhas pode ser manipulada para estabelecer um arranjo onde o resultado seja a maior produtividade e a melhor adaptação à colheita mecanizada (TOURINO et al., 2002 apud FISS, 2015).

Diante disso, destacam-se conceitos de plasticidade da cultura da soja e competição intraespecífica. De acordo com Lima; Langaro (2014), a plasticidade é a forma com que os organismos respondem a diferentes estímulos ambientais, como no caso da soja, a se adaptar a disparidades de semeadura. Quanto à competição intraespecífica, esta ocorre dentro de uma mesma espécie, por fatores ambientais (como água, luz, nutrientes e outros).

Segundo Fiss (2015), a soja é uma planta que altera mais a sua morfologia do que o rendimento de grãos em uma ampla variação de população de plantas, isto ocorre devido à sua capacidade de compensação, onde as plantas de soja compensam a redução da densidade aumentando a produção individual de vagens (plasticidade). No entanto, a plasticidade da soja, gerada por falhas de semeadura, não compensa, em produtividade, a falta de plantas. De acordo com Peixoto, et al (2000) apud Fiss (2015), as plantas possuem essa capacidade de compensação, porém até um certo limite.

Assim, segundo Fiss (2015), quando em baixa densidade, a produção por planta é maior, sendo esta diminuída em maiores densidades. Contudo, essa redução de produção por planta, considerando um aumento de plantas por unidade de área, resulta, geralmente, em produtividades maiores.

Também, autores como Câmara (1998) apud Fiss (2015), destacam outros prejuízos com a baixa densidade de plantas no arranjo espacial, como produção de plantas de porte baixo, maiores perdas de colheita e, ainda, a baixa competitividade com as plantas daninhas.

Em contraponto, autores como Câmara (1998a) mencionam que a prática de populações de plantas muito elevada da recomendada, além de não possibilitar aumento no rendimento de grãos, pode provocar riscos de perdas por acamamento e aumento do custo de produção. Explicando esse contexto, Fiss (2015) afirma que a maior densidade de plantas provoca a redução no diâmetro do caule e aumenta sua altura, possibilitando a ocorrência de acamamento.

2.1.5 O Adensamento de Plantas

O melhoramento genético é uma das revoluções mais importantes na história da humanidade, que teve uma grande relevância para o desenvolvimento da civilização, permitindo aos seres humanos sobreviver e se multiplicar. Por fim, o propósito do melhoramento genético é gerar plantas agrícolas com características desejáveis (LIU et al., 2020).

Nos anos 90, programas nacionais de melhoramento genético de soja desenvolveram cultivares com maior potencial de produtividade, sendo estes com maiores exigências de manejo. As principais características dos cultivares era a melhor arquitetura de planta, a maior adaptação regional e um maior número de vagens por planta, devido à maior capacidade de ramificação das mesmas. O Brasil dispõe de cultivares de soja com altos potenciais chegando a 6.000 Kg de grãos por hectare (PINTO, 2010).

A edição de genoma, de acordo com Liu et al. (2020), foi um aspecto relevante para o histórico do melhoramento genético, entretanto eles consideram que o acréscimo na produtividade das principais culturas (milho, arroz, trigo e soja) está sendo lento.

Além disso, Liu et al. (2020) ainda destacam que o aumento de produtividade nas culturas das gramíneas (trigo, arroz e milho) deu-se com a criação de cultivares de porte reduzido, assim tendo várias vantagens, quanto aos manejos fitossanitários e fisiológicos. Essas culturas gramíneas, por possuírem uma morfologia mais favorável ao adensamento (estruturas reprodutivas na parte apical), puderam ser adensadas e provocar um incremento na produção. Enquanto isso, a cultura da soja, com sua produção de flores e vagens nas axilas, além de características de ramificação, sofre dificuldades quanto ao avanço de estudos sobre o adensamento de plantas.

Assim, autores como Liu et al. (2020) apontam que em espécies de milho, arroz e trigo obteve-se aumento de rendimento com grande sucesso ao aumentar a densidade de plantas, indicando que o mesmo poderia ser atingido com cultivares de soja. Estes mesmos autores indicam uma possível modificação das cultivares, adaptando-as a uma semeadura mais densa, a qual nomeiam de “Revolução Verde da Soja”, incluindo na descrição dessa arquitetura ideal de planta as que devem possuir uma altura de planta adequada, comprimento do entrenó mais curto, mais entrenós, pouco ou nenhum ramo, moderado nº de vagens por nó, maior número de

sementes por vagem, maior número de vagens, maior peso de 100 sementes, ângulo de pecíolo menor e pecíolo mais curto. Na Figura 3 há uma ilustração desse modelo de planta.

Figura 3 - Proposta de arquitetura de planta de soja para Revolução Verde



Fonte: Liu et al., 2020

2.1.6 Métodos de recomendação de densidade e adensamento de plantas

De acordo com Julio (2018), a produtividade das plantas está inteiramente relacionada ao ambiente no qual elas se desenvolvem, sendo assim, demonstrada a forte influência do arranjo espacial. Esse, por sua vez, é influenciado pela densidade de semeadura, espaçamento de fileiras e uniformidade de distribuição entre fileiras.

O autor ainda menciona alguns caracteres influenciados pela densidade: aumento do potencial produtivo, competição intraespecífica, maior habilidade de competição com plantas daninhas, eficiência de interceptação da energia solar, melhor uso da água e exploração uniforme do solo, redução de incidência de pragas e doenças, eficiência de pulverização, entre outros.

Rambo (2003) apud Julio (2018), menciona que plantas com menos população reduzem a competição intraespecífica e, por consequência de maior número de legumes férteis e maior peso de grãos, aumentam o rendimento. Por outro lado, autores como Carpenter; Board (1997) e Rubin (1997) apud Julio (2018), mencionam que mesmo populações extremas não apresentam variações na produção de grãos.

Diante disso, os cultivares mais indicados para uma maior densidade, segundo Julio (2018), são as precoces, por possuírem plantas compactas, pouca ramificação e ramos próximos à haste principal, além de folíolos menores, conferindo ganhos em produtividade de 400 Kg.ha⁻¹ (aproximadamente 7 sacas de 60 Kg), enquanto outros estudos demonstraram que a redução de espaçamento para cultivares precoces gerou ganhos de 5 a 10%.

Enquanto isso, as cultivares mais tardias, por apresentarem maior ramificação, folíolos maiores e na horizontal, possuem maior capacidade de plasticidade e, por estas características, se adaptam melhor à densidades reduzidas.

Na atualidade, produtores de soja com propósito de aumentar a produtividade de grãos, optaram pela semeadura densa no cultivo da soja (PETTER et al., 2016). A interação entre planta, ambiente de produção e manejo definirá a produtividade da cultura. Elevados rendimentos são alcançados quando o genótipo apresenta potencial produtivo e alta adaptabilidade, conseqüentemente combinado com os sistemas de cultivo e manejo exigidos pela cultura (MAUAD et al., 2010).

Segundo Balbinot Junior et al. (2016), a densidade de plantas pode afetar consideravelmente a velocidade de fechamento das entrelinhas, a produção de fitomassa, a arquitetura das plantas, a gravidade das doenças, o alojamento e a produtividade das culturas (LIMA et al., 2012; PROCÓPIO et al., 2013). O genótipo influencia diretamente a resposta a diferentes densidades de semeadura, isto significa que algumas cultivares têm melhor desempenho em populações altas, enquanto outras têm melhor desempenho em densidades mais baixas (DUTRA et al., 2007)

Em pesquisa realizada por Soares et al. (2015), os autores confirmaram que há uma interação entre as densidades de semeadura e cultivares de soja e mostraram que a população de 300 mil plantas por hectare é a mais adequada para cultivo nos locais avaliados. Resultados obtidos por Ludwig et al. (2011) também comprovam a existência de interação entre cultivares x população de plantas, onde avaliando diferentes cultivares de soja em três populações de plantas (250, 400 e 550 mil plantas ha⁻¹), os autores alcançaram melhores resultados para a população de 550 mil plantas ha⁻¹, na região de Ibirubá/RS.

Somado a estas novas metodologias de manejo, Roza (2017), em seu estudo acerca das modificações dos cultivares em 76 anos de melhoramento da soja, concluíram que o foco do melhoramento na seleção de cultivares para altos rendimentos, em conjunto com as alterações no manejo, promoveu modificações morfológicas (dentre elas a redução de 50% da área foliar), fisiológicas e nutricionais relevantes no cenário da soja no Brasil. Talvez essa redução de área foliar possa contribuir para que maiores adensamentos sejam praticados.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 Localização do experimento

O experimento foi implantado na área didática e experimental do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, no Campus Ibirubá (Figura 4). A área didática e experimental está localizada a uma latitude de 28°39'19,21" e longitude de 53°06'17,90". Com uma altitude de 416 metros acima do nível do mar. Segundo Embrapa 2006, o solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, pertencente à unidade de mapeamento Cruz Alta.

A área utilizada para instalação do experimento vinha sendo cultivada sob plantio direto há mais 10 anos.

Figura 4 - Localização da área experimental



Fonte: Google Earth (2021)

2.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, dispostas em arranjo experimental de parcelas subdivididas, em 3 repetições. As parcelas principais (3,15 m x 3 m) foram constituídas pelos cultivares de soja (DM53i54 IPRO, Zeus IPRO, Lança IPRO, DM5958 IPRO e Delta IPRO), as subparcelas (1,35 m x 3 m) pelas densidades de semeadura da soja (densidade recomendada e alta densidade – 50% acima da recomendada). Cada subparcela foi composta por 7 linhas, sendo destas 4 com a densidade recomendada e 3 com densidade alta (50% acima da recomendada).

Para avaliação de ramos em R6, foram coletadas 5 plantas das linhas laterais (as quais foram removidas do campo em R6). Enquanto que nas avaliações de rendimento e seus componentes foram descartados 0,5 m nas extremidades das linhas e somente a linha central foi avaliada (variando a quantidade de plantas conforme a densidade de cada cultivar).

2.2.3 Descrição dos cultivares utilizados

Os cultivares utilizados na execução do experimento, a partir de informações da Brasmax (2020) e DonMario (2016), são descritos a seguir:

- DM53I54 IPRO: Moderadamente resistente ao acamamento, porte médio. Média ramificação, crescimento indeterminado, peso de mil sementes (PMS) de 200 g. Grupo de maturação 5,4. Pacote sanitário: resistente a cancro da haste, suscetível à mancha olho-de-rã, suscetível a pústula bacteriana e resistente à podridão radicular de *Phytophthora*.
- Zeus IPRO: alto potencial produtivo, precocidade, excelente adaptação em regiões de maior altitude, porte controlado com resistência ao acamamento. Crescimento indeterminado e ramificação média. PMS 209 g. Grupo de maturação 5,5. Pacote sanitário: resistente a Cancro da Haste, moderadamente suscetível a Mancha Olho de Rã, moderadamente suscetível à Pústula Bacteriana, e resistente a Podridão Radicular de *Phytophthora*.
- Lança IPRO: alto potencial produtivo, excelente adaptação em regiões de maior altitude, porte controlado e resistência ao acamamento. Crescimento indeterminado, ramificação alta, PMS 177 g. Grupo de maturação 5,8. Pacote sanitário: resistente a Cancro do Haste, suscetível à Mancha Olho de Rã, suscetível a Pústula Bacteriana e resistente a Podridão Radicular de *Phytophthora*.
- DM5958 IPRO: Resistente ao acamamento, porte médio. Alta ramificação, crescimento indeterminado, PMS 172 g. Grupo de maturação 5,8. Pacote sanitário: resistente a cancro da

haste, moderadamente resistente à mancha olho-de-rã, moderadamente resistente à pústula bacteriana e resistente à podridão radicular de fitóftora.

- Delta IPRO: alto potencial produtivo, precocidade, resistência a *Phytophthora* - gene RPS1K, alto potencial de ramificação. Crescimento indeterminado, PMS 168g. Grupo de maturação 5,9. Pacote sanitário: resistente a Cancro do Haste, moderadamente suscetível a Mancha Olho de Rã, resistente à Pústula Bacteriana e resistente a Podridão Radicular de *Phytophthora*.

2.2.4 Semeadura e ajuste de densidade de plantas

Anterior a cultura da soja, havia na área uma cobertura vegetal de aveia preta (*Avena strigosa*) como representa a Figura 5.

Figura 5 - Cobertura da área antecedente à semeadura



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A dessecação da área ocorreu em duas aplicações. A primeira foi realizada na data de 23/09/2020, com uso Cletodim® (dose de 0,5 L ha⁻¹), Glifosato® (dose de 3,5 L ha⁻¹), 2,4-D® (dose de 1,5 L ha⁻¹), Spider® (dose de 42 g ha⁻¹) e óleo mineral (dose de 0,5 L ha⁻¹). E, 2 dias após a semeadura (05/11/2020) foi feita uma nova aplicação de Glifosato® (dose de 3 L ha⁻¹) juntamente com Heat® (dose de 35 g ha⁻¹) e óleo mineral representada na Figura 6.

Figura 6 - Segunda dessecação da área



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Resultante da cultura de cobertura, houve uma boa palhada para o solo, a qual forneceu nutrientes e matéria orgânica quando decomposta, além da proteção do solo quanto a fatores climáticos.

Antes da semeadura as sementes foram avaliadas quanto a sua germinação (%) e vigor (%) para o ajuste da população de plantas, além de serem tratadas pela empresa GDM Seeds. A semeadura para todos os cultivares foi realizada na data de 03/11/2020, de acordo com as densidades recomendadas para a testemunha e em densidade maior para a realização do experimento de alta densidade, descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Densidade de semeadura utilizada para densidade normal e alta densidade

Densidade de Plantas	Cultivar	DM53I54 IPRO	Zeus IPRO	Lança IPRO	DM5958 IPRO	Delta IPRO
Densidade recomendada pela obtentora	Densidade de plantas/há	280.000	280.000	230.000	220.000	200.000
	Plantas/m linear	10,4 - 13,5	12,6 - 14,9	9,9 - 12,6	9 - 11,3	9 - 11,3
	Germinação (%)	70	95	97	71	94
	Vigor (%)	70	88	86	71	87
	Sementes/m linear	18	13,3	10,7	13,94	9,6
	Regulagem da semeadora	18,1	13,3	10,6	13,7	9,6
Alta densidade	Densidade de plantas/há	426.222	422.222	344.888	326.666	326.666
	Plantas m/linear	19,18	19	15,52	14,7	14,7
	Sementes m/linear	27,4	20	16	20,7	15,3
	Regulagem da semeadora	27,4	20	16	20,7	15,3
Percentual de aumento na densidade		52,20%	50,80%	49,90%	48,50%	63,30%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A semeadora utilizada é da marca Vence Tudo, Panther 7000, contendo sete linhas espaçadas de 0,45 m entre si, como demonstra a (Figura 7A). O ajuste das densidades se deu através das duas engrenagens laterais da semeadora de regulagem de densidade, onde uma foi responsável pela distribuição de sementes em 4 linhas (densidade recomendada pela obtentora), e outra por 3 linhas (alta densidade).

A adubação seguiu conforme recomendações de acordo com a análise de solo, sendo utilizado adubo NPK de formulação 05-20-20, na dosagem de 300 Kg.ha⁻¹ em linha de

semeadura e, em torno de 20 dias após a semeadura, realizada a aplicação de KCl, na dosagem de 100 Kg.ha⁻¹.

Anterior à semeadura, as sementes foram inoculadas, na dosagem de 75 mL de *Bradyrhizobium japonicum*, para cada 100 Kg de semente (Figura 7B).

Figura 7 - Semeadora do Campus utilizada para implementação da cultura na área (A) e inoculação de sementes com seringa (B)



Fonte: Cassel (2022)

2.2.5 Tratamentos fitossanitários, dados climáticos e colheita

Em relação aos tratamentos fitossanitários (fungicidas, inseticidas e herbicidas), estes seguiram conforme recomendações agrônômicas durante o ciclo, sendo realizados de forma homogênea por toda a área (Figura 8).

Figura 8 - Aplicação dos defensivos agrícolas na área



Fonte: Cassel (2022)

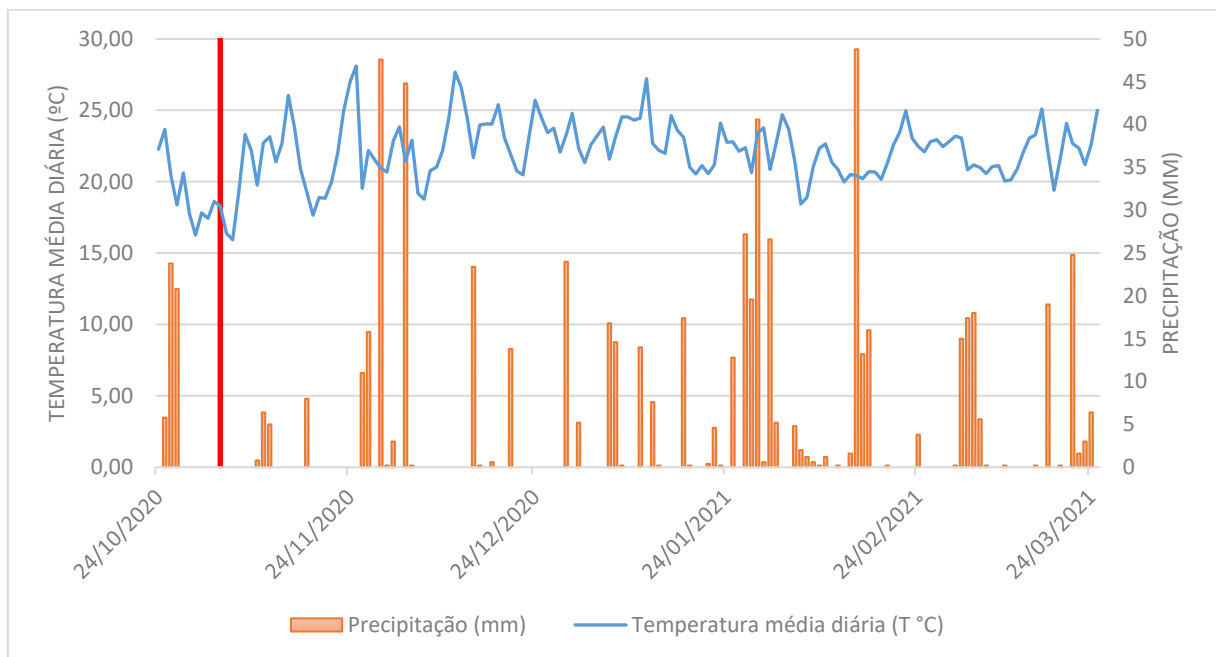
Verificando a presença de plantas daninhas (principalmente aveia), na data de 04/12/2020 foi feita uma nova aplicação de herbicida, com Glifosato (dose de 3 L ha^{-1}) e óleo mineral (na dose de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$).

O restante do tratamento fitossanitário ocorreu na forma de 5 aplicações de fungicida, associadas a inseticida ou herbicida:

- 1ª aplicação: ocorreu no dia 15/12/2020, utilizando os produtos Glifosato® (dose de 3 L ha^{-1}), Previnil® ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$) e óleo mineral ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$).
- 2ª aplicação: ocorreu na data de 08/01/2021, foi realizada com Platinum® (200 ml ha^{-1}), Orkestra® (350 ml ha^{-1}) e óleo mineral ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$).
- 3ª aplicação: ocorreu no dia 22/01/2021, foi com Nimbus® ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$), Platinum® (200 ml ha^{-1}) e Ativum® (1 L ha^{-1}).
- 4ª aplicação: ocorreu no dia 08/02/2021, utilizando Previnil® ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$), Fox® ($0,4 \text{ L ha}^{-1}$), Permetrina® (65 ml ha^{-1}), Rimon® (75 ml ha^{-1}), Imidaclopride Nortox® (250 ml ha^{-1}) e óleo mineral ($0,5 \text{ L ha}^{-1}$).
- 5ª aplicação: ocorreu no dia 24/02/2021, utilizando os produtos Fox® ($0,4 \text{ L ha}^{-1}$), Score® (150 mL ha^{-1}), Imidaclopride Nortox® (250 mL ha^{-1}) e óleo (250 mL ha^{-1}).

Em relação aos dados climáticos durante o ciclo, é possível observar, conforme a Figura 9, que tanto os dados de precipitação quanto de temperatura média diária foram considerados boas, não ocasionando prejuízos ambientais no cultivo. Tendo em vista que, para a obtenção de produtividade considerável na cultura da soja o ciclo depende da demanda hídrica entre 550 a 800 mm, levando em consideração as variações do clima durante o crescimento da cultura. Para às exigências térmicas, a soja se adapta melhor às regiões onde as temperaturas oscilam entre 20°C e 30°C, sendo que a temperatura ideal está em torno de 30°C (FARIAS et al., 2007). A precipitação acumulada do ciclo de cultivo foi de 624,4 mm, enquanto a temperatura média foi de 22,2°C.

Figura 9 - Dados climáticos de precipitação (mm) e temperatura média diária (°C), obtidos a partir de 03/11/2020 à 25/03/2021, durante o ciclo da cultura da soja, safra 2020/2021



Fonte: Cassel (2022)

A colheita foi feita na data de 19/03/2021 para os cultivares DM53i54 IPRO e Zeus IPRO, e nas datas de 24 e 25/03/2021 para os cultivares Lança IPRO, DM5958 IPRO e Delta IPRO. Esta foi realizada cortando as plantas, próximas ao solo, com auxílio de uma foice, em 2 metros da linha central (Figura 10 A)

As plantas foram armazenadas em sacos devidamente identificados que foram acondicionados na estufa do IFRS Campus Ibirubá, para serem processadas e avaliadas quanto ao rendimento e seus componentes (Figura 10 B).

Figura 10 - Colheita das plantas presentes nos 2 metros lineares da linha central da parcela útil (A) e armazenamento das amostras, identificadas e acondicionadas em sacos aguardando processamento (B)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Fonte: Cassel (2022)

2.2.6 Avaliações

Durante os estádios fenológicos, foram contabilizados tempo entre sua sucessão (dias) em cada cultivar.

In loco, de todos os tratamentos também foram realizadas as seguintes avaliações (Figura 11), no estágio fenológico R6, conforme escala Ferh e Caviness (1997):

- Número de ramificações (NR): contagem de todas as ramificações das plantas, divididas em terço (inferior, médio e superior);
- Comprimento das ramificações (CR): medida da distância entre a inserção da haste secundária na haste principal até o ápice da haste secundária, de todas as ramificações das plantas avaliadas, divididas em terços (inferior, médio e superior).

Figura 11 - Avaliação de comprimento e número de ramos



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Após a colheita das plantas foram feitas as seguintes avaliações nos 2 metros da linha central:

- Altura da planta (AP): distância entre o nível do solo ao ápice da haste em centímetros;
- Inserção do primeiro legume (IPL): distância do nível do solo e a inserção do primeiro legume na haste principal;
- Diâmetro da haste principal (DHP); medida com auxílio de um paquímetro digital na altura do colo da planta;
- Número de nós totais na haste principal (NTHP): somatório de todos os nós existentes na haste principal;
- Número de nós reprodutivos na haste principal (NRHP): contabilizando o número de nós que apresentam no mínimo um legume com grão inserido na haste principal;
- Número de legumes na haste principal (LHP): contagem dos legumes inseridos na haste;

- Número de nós totais nas ramificações (NTR): somatório de todos os nós existentes nas ramificações;
- Número de nós reprodutivos nas ramificações (NRR): contabilizando o número de nós que apresentam no mínimo um legume com grão inserido nas ramificações;
- Número de legumes nas ramificações (LR): contagem dos legumes inseridos nas ramificações;
- Número de legumes totais por planta (LT): somatório do número de legumes das ramificações e da haste principal da planta;
- Número de legumes por nó (L/N): somatório do número de legumes na planta e dividido pelo número total de nós na planta;
- Distância dos entrenós (DEN): divisão da altura da planta, pelo número de nós (cm);
- Número de grãos por legume (G/L): dividindo o número de grãos por planta pelo número de legumes;
- Número de grãos por planta (G/P): contagem do número de grãos totais em uma planta;
- Peso de mil grãos (PMG): contagem de oito repetições de 100 grãos, realizado a média e extrapolado para massa de mil grãos;
- Rendimento de grãos (RG): estimativa de rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), calculado pelo número de grãos por planta e o peso de mil grãos (corrigidos a 13% de umidade) e extrapolado para hectare através do número de plantas presentes na área útil de cada parcela;
- Rendimento biológico (RB): obtido somando a massa seca das hastes, das vagens e dos grãos de cada planta;
- Índice de colheita (IC): obtido dividindo o rendimento biológico pela massa de grãos de cada planta.
- MG/P (massa de grãos por planta, em gramas).

Todos os dados foram anotados em caderno de campo, para as posteriores análises estatísticas e comparação entre os tratamentos.

2.2.7 Análise estatística

As variáveis referentes ramos, foram avaliadas como parcelas sub-subdivididas, visto as fontes de variação: cultivar, densidade de semeadura e terço da planta. Os resultados de rendimento e seus componentes, foram avaliados em parcelas subdivididas, com as fontes de

variação cultivar e densidade de semeadura. Os resultados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p < 0,05$) e quando as interações foram significativas foi realizado o desmembramento dos efeitos de tratamento de um fator dentro de cada nível de outro fator. Como todos os tratamentos eram qualitativos, foi realizada a comparação de médias com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

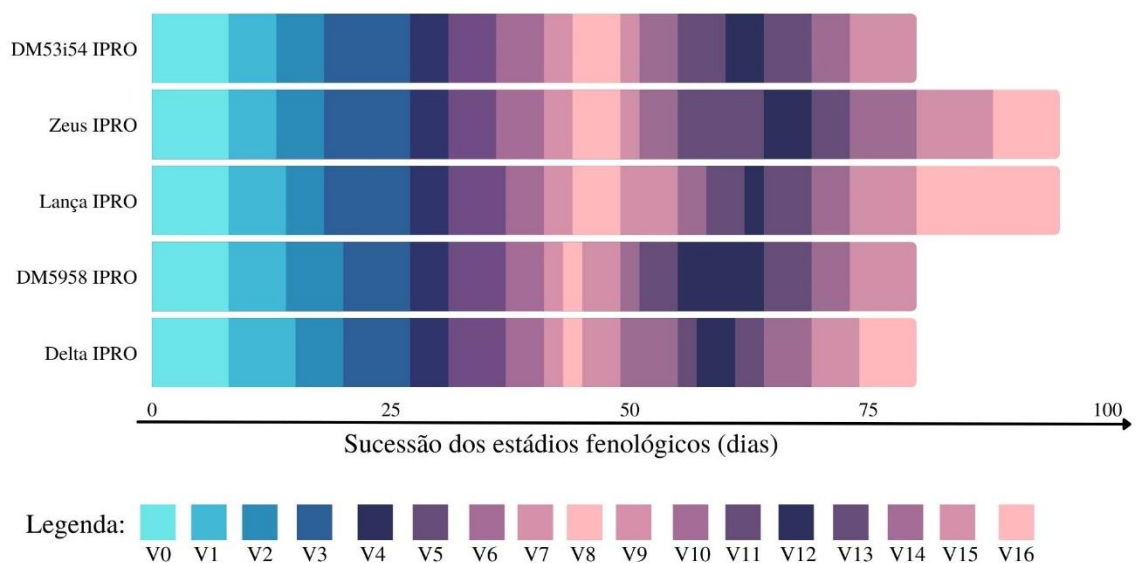
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estádios fenológicos dos cultivares, representados nas Figuras 12 e 13 seguiram de uma forma aproximada, de acordo com seu grupo de maturação, observando o início da floração mais precoce em cultivares de menor grupo de maturação (Figura 13).

Sobre a diferenciação dos estádios fenológicos é importante ressaltar que os cultivares não necessariamente diferenciaram o tamanho de seu ciclo em dias, mas sim no período para a entrada no estágio reprodutivo: 44, 44, 56, 61 e 61 dias após a semeadura as plantas entraram em estágio R1 (Figura 13).

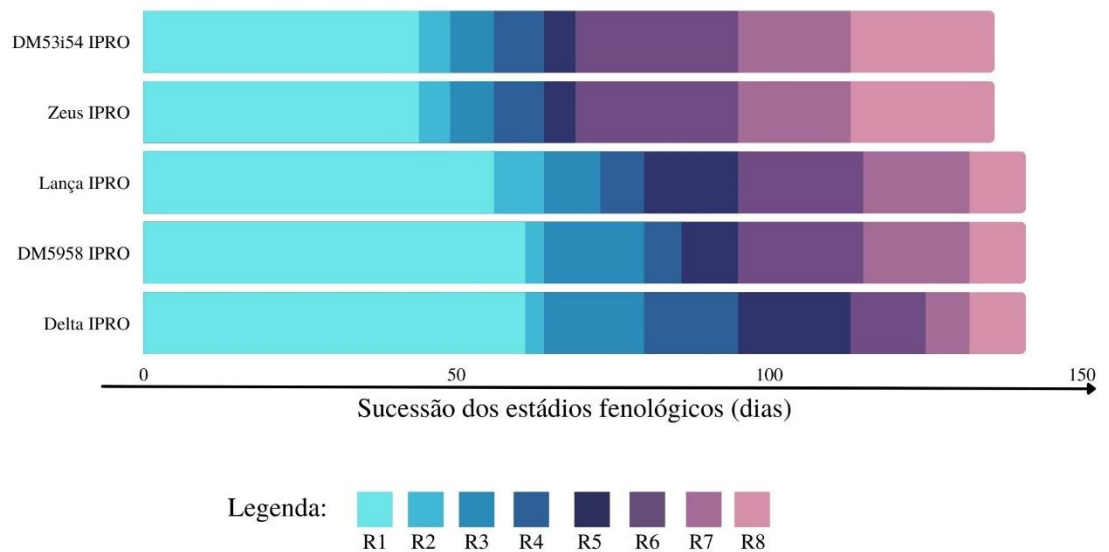
De acordo com Floss (2021), é de extrema importância conhecer a fenologia da cultura da soja, entendendo suas fases mais críticas em relação aos fatores ambientais e a formação dos componentes econômicos da cultura.

Figura 12 - Representação do avanço de estádios fenológicos vegetativos dos cultivares estudados, safra 2020/2021, em dias após a semeadura



Fonte: Cassel (2022)

Figura 13 - Representação do avanço de estádios fenológicos reprodutivos dos cultivares estudados, safra 2020/21, em dias após a semeadura



Fonte: Cassel (2022)

Para a variável comprimento de ramos, foram significativas as fontes de variação cultivar e terço da planta e a interação cultivar X terço da planta. Para a fonte de variação cultivar, Delta IPRO teve o maior comprimento de ramos, não diferindo estatisticamente de Lança IPRO. Para a fonte de variação terço, os cultivares tenderam, indiferente da densidade, a manter um aspecto piramidal (os maiores ramos eram concentrados no terço inferior e os menores no terço superior).

De acordo com Winck (2017) os cultivares indeterminados possuem um aspecto piramidal mais acentuado, facilitando a penetração da radiação solar às folhas do terço médio, além de produtos fitossanitários que controlam insetos e doenças.

Liu et al. (2020), mencionam que plantas com ramos longos e numerosos não são ideais para o aumento de densidade, como é o caso de Delta IPRO e Lança IPRO, que possuem o maior comprimento de ramos, e também são descritos como de ramificação alta pela obtentora.

Tabela 2 - Comprimento de ramos (cm) referente ao desdobramento cultivar X terço das plantas em estágio fenológico R6

Cultivar	Terço da planta			Média
	Inferior	Médio	Superior	
DM53i54 IPRO	32,07 Ab	27,03 Ba	17,36 Ca	25,49 c
Zeus IPRO	31,81 Ab	27,38 Ba	20,13 Ca	26,44 bc
Lança IPRO	42,91 Aa	26,04 Ba	17,82 Ca	28,92 ab
DM5958 IPRO	33,62 Ab	27,71 Ba	17,13 Ca	26,15 bc
Delta IPRO	45,14 Aa	28,13 Ba	17,59 Ca	30,29 a
Média	37,11 A	27,26 B	18,01 C	

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para a variável número de ramos, não houve interação significativa entre a fonte de variação cultivar. Foram significativos apenas as fontes de variação densidade de semeadura e terço da planta e as interações densidade de semeadura X terço da planta, cultivar X densidade de semeadura e cultivar X terço da planta. Dessas interações, será discutido apenas a interação densidade de semeadura X terço da planta (Tabela 3).

Para a fonte de variação densidade, em média o aumento da densidade reduziu em 11% o número de ramos (de, em média, 5,06 ramos em densidade normal para 4,52 ramos em alta densidade). E no terço da planta a maior diminuição ocorreu no terço inferior da planta. De acordo com Ali; Loureiro (2016), este comportamento pode ter acontecido devido à competição entre as plantas de soja pelos fatores de crescimento do ambiente especialmente pela luz, sendo que em maiores densidade de plantas há menor disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo das plantas na forma de ramificações.

Os resultados aqui encontrados são corroborados por Procópio et al. (2013), que constatam a redução linear no número de ramos por planta com aumento da densidade de plantas, independente dos espaçamentos entre linhas. Além disso, Liu et al. (2020) também mencionam que a ramificação pode ser afetada pela densidade de plantio.

Tabela 3 - Número de ramos referente ao desdobramento densidade de semeadura X terço das plantas em estágio fenológico R6

Terço da planta	Densidade de plantas		Média
	Normal	Alta	
Inferior	5,37 Aa	4,40 Ba	4,89 a
Médio	4,65 Aa	4,40 Ab	4,53 b
Superior	5,16 Aa	4,77 Ba	4,97 a
Média	5,06 A	4,52 B	

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

De acordo com Procópio et al. (2013), o adensamento ou a redução do espaçamento entre fileiras reduziram a produção de ramos, contudo o autor justifica que a produtividade não foi alterada devido ao aumento da produção de grãos de soja nas hastes principais. Além disso, o adensamento foi responsável pelo aumento da massa seca de folhas e ramos por área, visto o maior número de indivíduos.

Para o rendimento de grãos e seus componentes, um quadro resumo da análise de variância, indicando os valores de P, é apresentada a seguir (Tabela 4).

A fonte de variação cultivar foi significativa para as variáveis: AP - altura de planta (cm), IPL - inserção do primeiro legume (cm), NRHP - nós reprodutivos na haste principal (por planta), LHP - legumes na haste principal (por planta), NTR - nós totais nas ramificações (por planta), NRR - nós reprodutivos nas ramificações (por planta) e IC - índice de colheita.

A fonte de variação de densidade foi significativa para as variáveis: IPL – altura de inserção do primeiro legume (cm), NTHP - nós totais na haste principal (por planta), NRHP – nós reprodutivos na haste principal (por planta), LHP – legumes na haste principal (por planta), NTR – nós totais na ramificação (por planta), NRR – nós reprodutivos na ramificação (por planta), LR - legumes nas ramificações (por planta), LT - legumes totais por planta, DEN - distância do entrenó (cm), G/P - grãos por planta e MG/P - massa de grãos por planta (g).

Para a interação cultivar X densidade, não houve interação significativa. Dessa forma, os resultados serão apresentados de acordo com o quadro de análise de variância.

Tabela 4 - Resultados da análise de variância para rendimento de grãos em Kg.ha⁻¹ (RG) e seus componentes (AP – altura de planta (cm); IPL - altura de inserção do primeiro legume (cm); DHP – diâmetro da haste principal (cm); NTHP – nós totais na haste principal (por planta); NRHP – nós reprodutivos na haste principal (por planta); LHP – legumes na haste principal (por planta); NTR – nós totais nas ramificações (por planta); NRR – nós reprodutivos nas ramificações (por planta); LR – legumes nas ramificações (por planta); LT – legumes totais (por planta); L/N – legumes por nó; DEN – distância do entrenó (cm); GL – grãos por legume; G/P – grãos por planta; PMG – peso de mil grãos (g); RB – rendimento biológico (em Kg.ha⁻¹); IC – índice de colheita; e MG/P – Massa de grãos por planta)

Causas de variação	AP	IPL	DHP	NTHP	NRHP	LHP	NTR	NRR	LR	LT	L/N	DEN	G/L	G/P	PMG	RG	RB	IC	MG/P
Cultivar	0,0462	0,0046	0,3280	0,0775	0,0493	0,0310	0,0158	0,0120	0,0545	0,0713	0,1533	0,2518	0,7841	0,1067	0,1098	0,2950	0,6739	0,0157	0,2731
Densidade	0,9536	0,0375	0,0870	0,0083	0,0078	0,0029	0,0145	0,0209	0,0289	0,0105	0,4824	0,0415	0,2937	0,0047	0,6256	0,8135	0,8360	0,8607	0,0244
Cultivar X Densidade	0,4422	0,2130	0,7244	0,6144	0,1455	0,4365	0,8972	0,8601	0,7434	0,6757	0,9476	0,4217	0,8529	0,6896	0,4639	0,7191	0,2820	0,6254	0,8398

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para as variáveis que foram significativas para a fonte de variação cultivar, é possível observar a comparação de médias na Tabela 5.

Tabela 5 - Análise das variáveis de interação significativa para a fonte de variação cultivar (AP – altura de planta (cm), IPL – altura de inserção do primeiro legume (cm), NRHP – nós reprodutivos na haste principal (por planta), LHP – legumes na haste principal (por planta), NTR – nós totais nas ramificações (por planta), NRR – nós reprodutivos nas ramificações (por planta), IC – índice de colheita)

Variável	Cultivares					CV (%)
	DM53i54 IPRO	Zeus IPRO	Lança IPRO	DM5958 IPRO	Delta IPRO	
AP	82,20 B	92,20 AB	92,85 AB	102,95 AB	107,15 A	7,78
IPL	10,50 B	10,20 B	15,74 AB	23,42 A	22,10 A	15,52
NRHP	13,93 A	12,93 AB	10,91 B	11,35 AB	12,24 AB	7,78
LHP	35,19 AB	35,86 AB	29,34 B	33,39 AB	44,12 A	10,43
NTR	13,36 AB	9,13 B	17,28 A	6,87 B	13,04 AB	19,22
NRR	11,40 B	7,77 BC	14,87 A	4,59 C	9,38 BC	21,15
IC	0,57 A	0,50 AB	0,51 AB	0,46 B	0,44 B	5,81
RG	6.459,56 ^{ns}	5.709,54	5.888,11	4.872,48	5.288,45	15,99

Médias seguidas por mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (5%).

^{ns} Não significativo pelo Teste de Tukey (5%).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Quando a AP - altura de planta (cm), é possível observar que o cultivar mais tardios obtiveram alturas elevadas e Delta IPRO, foi o mais alto (107,15 cm) e também esteve entre as maiores alturas de inserção do primeiro legume (22,10 cm), não diferindo estatisticamente de Lança IPRO (23,42 cm). De acordo com Balbinot Junior (2012), o acamamento é geralmente associado a plantas com crescimento vegetativo elevado, e por consequência de maior altura. O autor menciona que este fenômeno pode ocorrer a partir do estágio de florescimento, e é um problema que reduz a produtividade e qualidade de grãos. Além disso, a maior altura de plantas está relacionada positivamente a maior altura de inserção de primeira vagem, como foi observado no presente trabalho, onde segundo a Embrapa (2019), é de suma importância que a inserção de primeira vagem seja equilibrada, pois se for muito baixa, ocorre sérias perdas na colheita, e se for muito alta, acaba acarretando em redução do potencial produtivo.

Quanto aos NRHP – nós reprodutivos na haste principal, o cultivar de maior valor foi DM53i54 IPRO (13,93 nós na haste principal, por planta, em média), e o de menor valor foi Lança IPRO (10,91 nós na haste principal, por planta, em média), sendo que estes cultivares diferiram entre si em aproximadamente 28%. Liu et al. (2020), em sua proposta de adensamento de plantas para aumento da produtividade, também desenha uma planta com entrenós mais curtos e mais nós reprodutivos, como sendo a ideal para alcançar maiores rendimentos.

Para o LHP - número de legume na haste principal (por planta), o cultivar Lança IPRO foi o de menor valor na produção de legumes (29,34 legumes por planta), diferindo em aproximadamente 50% do cultivar com maior número de legume na haste principal (Delta IPRO com 40,12 legumes na haste principal por planta). Isso pode ser justificado em razão deste cultivar possuir o menor valor de NRHP - nós reprodutivos na haste principal (10,91 nós reprodutivos na haste principal em média). Segundo Floss (2021), existem fatores que variam o número de legumes como o cultivar, o manejo e condições edafoclimáticas.

Dos NTR - nós totais nas ramificações, são reprodutivos (NRR), 85%, 85%, 86%, 67%, e 72% para os cultivares DM53I54 IPRO, Zeus IPRO, Lança IPRO, DM5958 IPRO e Delta IPRO, respectivamente. Segundo Procópio et al. (2013) a soja possui alta capacidade de modular seu crescimento de acordo com as condições de ambiente, tornando a produtividade de grãos pouco sensível às mudanças de espaçamento, constando-se a compensação entre a produção nos ramos e a produção nas hastes.

Quanto ao IC - índice de colheita, o cultivar DM53i54 IPRO teve índice elevado (maior percentual de sua biomassa era composto por grãos), não diferindo estatisticamente de Zeus IPRO e Lança IPRO. Segundo a Embrapa (2019), o índice de colheita é a medida da eficiência da planta em produzir grãos, isto é a massa de grãos colhidos dividida pelo rendimento biológico produzido pela lavoura. Desta maneira, como o índice de colheita dos cultivares DM53i54 IPRO, Zeus IPRO e Lança IPRO foi maior, mais eficiente é o cultivar na produção de grãos.

Quanto ao RG - rendimento de grão ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), apesar de não significativo estatisticamente, o cultivar mais produtivo foi DM53i54 IPRO e o menos produtivo foi o DM5958 IPRO, sendo que estes diferiram em $1.587,08 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, o que resulta em um total de quase $26,5 \text{ sacas} \cdot \text{ha}^{-1}$, de 60 Kg, quando avaliadas ao preço de R\$ 197,00, na data de 23/02/2022, resultam em uma diferença de R\$5.220,00 por hectare.

Quanto as variáveis que foram significativas para a fonte de variação de densidade, é possível observar a comparação de médias na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise das variáveis de interação significativa para a fonte de variação densidade (IPL – altura de inserção de primeiro legume (cm), NTPH – nós totais na haste principal (por planta), NRHP – nós reprodutivos na haste principal (por planta), LHP – legumes na haste principal, NTR – nós totais na ramificação (por planta), NRR – nós reprodutivos nas ramificações (por planta), LR - legumes nas ramificações (por planta), DEN – distância do entrenó (cm), G/P – grãos por planta, MG/P – massa de grãos por planta (g) e RG – rendimento de grãos (KG.ha⁻¹))

Variável analisada	Densidade		CV (%)
	Densidade normal	Alta densidade	
IPL	15,46*	17,33	9,08
NTHP	18,12*	16,50	4,96
NRHP	13,24*	11,30	8,21
LHP	39,25*	31,91	8,54
NTR	14,96*	8,91	30,95
NRR	12,06*	7,15	34,37
LR	19,71*	11,01	41,69
LT	58,96*	42,92	17,67
DEN	5,28*	5,79	7,57
G/P	149,01*	106,06	15,59
MG/P	24,75*	18,17	21,51
RG	5560,52 ^{ns}	5726,73	26,48

* Médias diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (5%),

^{ns} Não significativo pelo Teste de Tukey (5%).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A inserção do primeiro legume (IPL) foi 12% maior em alta densidade. Esses dados diferem de Procópio et al. (2013) que em seu estudo sobre plantio cruzado da soja com cultivares de crescimento indeterminado, concluiu que a altura de inserção da primeira vagem não foi afetada pelos tratamentos.

Segundo Sedyama et al. (1999), a altura ideal de inserção do primeiro legume é entre 10 e 12 cm para que não ocorra perda na colheita em solos planos e no mínimo 15 cm para solos de topografia inclinada, devido à altura da plataforma de corte.

Mauad et al. (2010) relatam que essa característica da planta é de suma importância para a regulação da colhedora evitando perdas. Estes autores também observaram o aumento linear para este componente em função do aumento da densidade de plantas, o que corrobora com dados analisados neste trabalho.

Em relação a NTHP - nós totais da haste principal (por planta), quando as plantas estavam em alta densidade, os nós tiveram seus valores reduzidos em 9% se comparados a densidade indicada pela obtentora (de 18,12 nós na haste principal por planta para a densidade indicada pela obtentora, para 16,50 nós na haste principal para alta densidade).

Contudo em relação a NRHP - nós reprodutivos na haste principal, indiferente a densidade (indicada pela obtentora – 13,24 nós, ou alta densidade – 11,30 nós), foram reprodutivos aproximadamente 70% dos nós em relação aos nós totais da haste principal. No trabalho de Porcóprio et al. (2013), o aumento da densidade de plantas também provocou redução no número de nós nas hastes principais.

Em relação aos LHP - legumes na haste principal (por planta), estes reduziram aproximadamente em 19% com o aumento da densidade (31,91 legumes), em relação a densidade de semeadura indicada pela obtentora (39,25 legumes), visto também a redução dos nós na haste principal com o adensamento de plantas (redução de 9%). Esses dados corroboram com os de Peter (2021), que também apontam a redução no número de legumes na haste principal ao aumentar a densidade de cultivo.

A DEN - distância do entrenó, foi aumentada com o adensamento de plantas (de 5,28 cm para a densidade indicada pela obtentora, para 5,79 cm para a alta densidade), o que corrobora com os dados de Procóprio et al. (2013), que menciona que esse aumento ocorre em função da redução da qualidade de luz, decorrente do aumento do número de plantas por área, sendo que esse acréscimo na distância do entrenó ocorre a fim da busca da interceptação desse recurso.

Quanto ao NRR – número de nós nas ramificações (por planta), estes reduziram em aproximadamente 40% para os nós totais (de 14,96 nós com densidade de semeadura indicada pela obtentora, para 8,91 nós nas ramificações para as plantas semeadas em alta densidade) e reprodutivos (de 12,06 para 7,15 nós reprodutivos nas ramificações, para as densidades indicada pela obtentora e alta, respectivamente).

Além disso, o LR - número de legume nas ramificações foi reduzido em 44% com o aumento da densidade (de 19,71 legumes para a densidade indicada, para 11,01 legumes para alta densidade). Para Peter et al. (2021), em distintas as épocas de semeadura, o aumento da densidade reduziu drasticamente o número de legumes nas ramificações, enquanto que

Procópio et al. (2013) menciona que a maior produção de grãos se deu na haste principal visto que apenas 16,3% dos grãos são oriundo nas ramificações. Vale salientar que esta redução ocorre a nível de planta e com o acréscimo de plantas por área, os valores de rendimento podem ser mantidos ou até mesmo aumentados.

Para o LT - número de legume totais (por planta), com o aumento da densidade estes foram reduzidos em 27% (correspondente a redução de 16,04 legumes por planta), o que corrobora com os dados de Procópio et al. (2013), que menciona que na menor densidade, houve maior número de vagens por planta e por área. Do mesmo modo o número de grãos por planta reduziu em aproximadamente em 30%, e a massa de grãos por planta reduziu em 27% com o aumento da densidade.

Para RG - rendimento de grãos ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), apesar de não significativo estatisticamente, com o aumento da densidade, houve um aumento de $166 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (de $5.560,52 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para a densidade indicada pela obtentora, para um rendimento de $5.726,73 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para a alta densidade), diferença que corresponde aproximadamente 3%. Apesar de não significativo na estatística, esta é uma diferença de 2,8 sacas. ha^{-1} , de 60 Kg, que avaliadas no valor de R\$ 197,00 no dia de 23/02/2022, resultam em uma diferença de R\$ 545,00 por hectare. Destaca-se também que este valor é diminuído com os custos de sementes, tratamentos e royalties, desta maneira diminuindo o valor ganho por hectare. Assim o rendimento de grãos ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), pode ser acrescido ou até mesmo ser manter. Os dados aqui apresentados são corroborados por Freitas et al. (2010) e Luca e Hungria (2010), verificaram que o aumento da densidade de semeadura não proporcionou maiores rendimentos para a cultura da soja.

3 CONCLUSÃO

Quanto os cultivares, os mais tardios foram os de maior altura de planta (devido ao maior período de crescimento vegetativo) e por consequência, de inserção de primeiro legume. Quanto ao NRHP - número de nós reprodutivos da haste principal (por planta), o cultivar Lança IPRO foi o de menor valor, contudo este, teve o maior NTR - número de nós totais nas ramificações (por planta) e NRR – número de nós reprodutivos nas ramificações (por planta).

No que diz respeito a densidade, observou-se aumento na altura de inserção de primeiro legume com o adensamento, possivelmente ocasionado pela busca das plantas por recursos luminosos. Além disso, o adensamento foi responsável pela redução de aproximadamente, 9%

dos NTHP – nós totais da haste principal (por planta), 15% dos NRHP – nós reprodutivos da haste principal (por planta), 19% dos LHP - legumes da haste principal (por planta), 40% dos NTR - nós totais nas ramificações (por planta), 41% dos NRR – nós reprodutivos das ramificações (por planta), 44% dos LR – legumes das ramificações (por planta), 27% dos LT - legumes totais por planta e 29% dos G/P - grãos por planta.

Contudo, vale lembrar que estes valores foram reduzidos por planta, e com o adensamento e o aumento de indivíduos por área, o valor de rendimento de grãos (Kg.ha^{-1}) pode se manter ou até ser acrescido, como é o caso do presente trabalho, onde com o aumento da densidade foram ganhos 166 Kg.ha^{-1} , correspondente a 3% de aumento.

REFERÊNCIAS

- ALI, D. A.; LOUREIRO, G. E. S. **Densidade de semeadura e características agrônomicas de três cultivares de soja em Dourados–MS**, 2016.
- BALBINOT JUNIOR, A.A. et al. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Revista: Ciências Agrárias**, v.36, p.1215-1226, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1215>>. Acesso:22/08/21.
- BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, p.1- 18, 2000.
- BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, p. 1-6, 1981.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Instrução Normativa Nº 2, de 09 de outubro de 2008. Dispõe sobre os tipos de solo, classificados de acordo com suas características físicas. **Diário Oficial da União**, Brasília/DF, 09 de outubro de 2008. Disponível em <http://www.comprasnet.gov.br/legislacao/in/in02_30042008.htm> Acesso em 13/09/21)
- CÂMARA, G. M. S. **Desempenho produtivo dos cultivares de soja IAC-17, IAC-12 e IAC-19, semeados em três épocas de semeadura e em cinco densidades de plantas**. Piracicaba, 1998a. 165 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CASSEL, J.L. **Características agrônomicas de soja sob níveis de desfolha em estádios fenológicos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia). IFRS - Campus Ibirubá: Ibirubá, 2022.
- CONAB. **Safra Brasileira de Grãos**. Boletim de Fevereiro/2022. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos> > Acesso em 25/02/2022.
- CRUZ, Fabiano Andrei B. da; FRIEDRICH, Marlo Edirceu. **Arranjo espacial de plantas e adubação na cultura da soja**. Disponível em: < <http://fundacaoba.com.br/wp-content/uploads/2016/11/arranjo-espacial-de-plantas-e-adubacao-na-cultura-da-soja.pdf>> Acesso em: 28/02/2022.

CRUZ, S.C.S.; SENA JUNIOR, D.G.; SANTOS, D.M.A.; LUNEZZO, L.O.; MACHADO, C.G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.1, p.1-6, 2016. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i1.431>

DONMARIO SEMENTES, 2020. Disponível em: <<https://www.donmario.com/pt-br/>> Acesso em 15/08/2021.

DUTRA, L.M.C. et al. **População de plantas em soja**. In. REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 35., 2007, Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2007. p.95.

EMBRAPA SOJA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR) **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1999/2000**. Londrina, p.103, (Documentos, 131). 1999.

EMBRAPA SOJA. **Cultivares de soja**. Embrapa: Londrina/PR, 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143741/1/Cultivares-soja-norte-nordeste-2016-OL-1.pdf>> Acesso em 01/03/2022

EMBRAPA SOJA. **Soja em números (safra 2020/21)**. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em 28/02/2022.

EMBRAPA. **500 perguntas e 500 respostas sobre soja**. Embrapa: Brasília/DF, 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208388/1/500-PERGUNTAS-Soja-ed-01-2019.pdf>> Acesso em 23/02/2022.

FARIAS,J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Necessidades climáticas**. EMBRAPA SOJA. Londrina, PR. 2007. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_20_271020069131.html#:~:text=Quanto%20%C3%A0s%20exig%C3%Aancias%20t%C3%A9rmicas%20a,est%C3%A1%20em%20torno%20de%2030oC.>. Acesso em: 02/03/2022.

FARIAS,J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Circular Técnica 48 – Ecofisiologia da Soja**.ISSN 1516-7860. Londrina, PR. Setembro, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/470308> >. Acesso em: 28/07/2021.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of Soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.

FISS, GUILHERME. **Plasticidade de plantas de soja dentro de uma população e sua relação com a produtividade.** Tese (doutorado), Pelotas/RS: UFPEL, 2015. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/3359/1/tese_guilherme_fiss.pdf> Acesso em 13/09/2021

FLOSS, E.L. **Maximizando o rendimento da soja: ecofisiologia, nutrição e manejo.** Passo Fundo/RS, 2021.

FREITAS, M. C. M.; HAMAWAKI, O. T.; BUENO, M. R.; MARQUES, M. C. **Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio.** Bioscience Journal, v. 26, n. 5, p. 698-708.

GAUDÊNCIO, C. A. A.; GAZZIERO, D. L. P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. **População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná.** Londrina: Embrapa, CNPSo, 1990. 4 p. (Comunicado Técnica, 47)

GDM Seeds, 2020. Disponível em: <<https://www.gdmseeds.com/?lang=pt-br>> Acesso em 15/08/2021

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais.** Piracicaba, 85 p. Tese (Engenharia Agrônômica) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola – Lavoura temporária.** 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/ibiruba/pesquisa/14/10193>> Acesso em 26/02/2022.

LIMA, S.F. et al. **Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja 2012.** Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13960/11106>>. Acesso: 22/08/21.

LIMA, D.M.V.; LANGARO, A.P. **Plasticidade fenotípica: Revisão de conceitos, metodologias mais utilizadas e aplicações.** ENEPEX, 2014. Disponível em: <<https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/view/2486>> Acesso em 13/09/2021

LIU, Shulin; ZHANG, Min; FENG, Feng; et al. Toward a “Green Revolution” for Soybean. **Molecular Plant**, v. 13, n. 5, p. 688–697, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.molp.2020.03.002>>. Acesso: 12/07/21.

LUCA, M.J; HUNGRIA, M. **Efeito da Densidade de Plantio em Soja na Nodulação, Concentração de Nutrientes e Rendimento**. FERBIO, Maceió/AL, 2010. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/934697/1/FERTBIO1124.pdf>> Acesso em 24/02/2022

LUDWIG, M.P. et al. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup Ready TM. **Revista Ceres**, v.58, p.305-313, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0034-737x2011000300010>>. Acesso em: 15/07/21.

MAUAD, M. et al. **Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja**. Agrarian, v.3, p.175-181, 2010. Disponível em: »<http://ojs.ws.ufgd.edu.br/index.php?journal=agrarian&page=article&op=view&path%5B%5D=75&path%5B%5D=649>>. Acesso: 16/07/21.

MISSÃO, M. R. Soja, origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. Maringá Management: **Revista de Ciências Empresariais**, v. 3, n.1. p.7-15, jan./jun. 2006

MÜLLER, L. Taxonomia e morfologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C.; (Eds.). **A Soja no Brasil**. 1 ed. Campinas: Instituto a tecnologia de Alimentos, 1981. P. 65-104.

Peixoto, Clovis Pereira et al. **Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos**. Scientia Agricola [online]. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100015>>. Acesso em: 11/07/21.

PETTER, F.A. et al. **Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa**. Bragantia, v.75, n.2, p.173-183, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.447>>. Acesso em: 18/08/21.

PINTO, J. F. **Comportamento da plasticidade de plantas de soja frente a falhas e duplas dentro de uma população**, 43 p. Tese – Escola de Agronomia Eliseu Maciel, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de sementes, Universidade Federal de Pelotas. 2010.

PIRES, João Leonardo F.; COSTA José Antonio C.; THOMAS, André L. **Rendimento de Grãos de Soja Influenciado pelo Arranjo de Plantas e Níveis de Adubação**. Disponível em: <http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398911929_art_14.pdf> Acesso em: 28/02/2022.

PROCÓPIO, S.O. et al. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista Ciência Agrárias**, v.56, n.4, p.319-325, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.048>>. Acesso em: 28/07/21.

PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL. IBGE, 2019. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>> Acesso em: 22/06/2021.

REVISTA CULTIVAR. **Potencial produtivo da soja precoce** Pelotas/RS, 2020. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/artigos/potencial-produtivo-da-soja-precoce>> Acesso em 23/02/2022.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **Howa soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Thechnology, Cooperative Extension Service, 1994. 20p. (Special Report, 53).

ROZA, L.A. **Modificações ocorridas em cultivares de soja do tipo de crescimento determinado cultivadas no sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) – UFPR, 2017. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/66464>> Acesso em 26/02/2022.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. **Melhoramento da soja**. In: BORÉM, A. (ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa-MG: UFV, 1999. p.478-533.

SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Ed. Mecenas, 2009. 314p.

SOARES, I.O. et al. **Interação entre Cultivares de Soja e Densidade de Sementes**. *American Journal Plant Science*, v.6, n.9, p.1425-1434, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.69142>>. Acesso em: 27/07/21.

SOUZA, C.A et al. **Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja roundup ready™. Planta daninha**, Viçosa , v. 28, n. 4, p. 887-896, Dec. 2010.

TEJO, D.P.; FERNANDES, C.H.S.; BORATTO, J.S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF**, v.35, n.1, 2019. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/hw9EU5Lusw7rZZH_2019-6-19-14-11-1.pdf> Acesso em 01/03/2022.

URBEN FILHO, G.; SOUZA, P.I.M. **Manejo da cultura da soja sob cerrado: época, densidade e profundidade de sementeira**. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). *Cultura da soja nos cerrados*. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.267-298.

VINICIUS ALENCAR, JULIO. **Estudo de redução de espaçamento para soja**. Agrônomo de Produto da Corteva Agriscience™, Divisão Agrícola da DowDuPont: 2018. Disponível em:<<https://www.pioneersementes.com.br/blog/117/estudo-de-reducao-de-espacamento-para-soja>> Acesso em 12/09/2021

WINK, J.E.M **Morfologia e componentes produtivos da soja em arranjos de plantas**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/934697/1/FERTBIO1124.pd>> Acesso em 24/02/2022

ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO: IBIRUBÁ-RS. **Agritempo: Sistema de monitoramento agrometeorológico**. 2002-2014. Disponível em <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-159-de-28-de-maio-de-2020-259138912>> Acesso em 13/09/21)

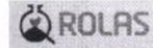
ANEXOS

ANEXO I: LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
LABORATÓRIO DE SOLOS

Rodovia BR 285 - Bairro São José - Campus I - Cx. Postal 611 - Passo Fundo-RS
CEP: 99001-970 - Fone: 5433168166 - E-mail: labsolos@upf.br



Cliente: DANIELA BATISTA DOS SANTOS

CPF / CNPJ: 013.284.000-69

Endereço: - IBIRUBÁ/RS

Área:

Item Ensaiado: SOLO

Local de Coleta:

Recebimento: 04/09/2019

Emissão: 13/09/2019

Matrícula:

RESULTADO(S) DO(S) ENSAIO(S)
LAB. DE SOLOS
ANÁLISE DE SOLO QUÍMICA COMPLETA

Ensaio	Unidade	Amostras	
		4056/2019 0-10CM	4057/2019 10-20CM
TEOR DE ARGILA	%	56	65
POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)		5,4	5,0
ÍNDICE SMP		5,5	5,1
FÓSFORO	mg/dm ³	35,1	15,5
POTÁSSIO	mg/dm ³	158	40
MATÉRIA ORGÂNICA	%	3,5	2,6
ALUMÍNIO	cmolc/dm ³	0,2	1,5
CÁLCIO	cmolc/dm ³	6,16	3,32
MAGNÉSIO	cmolc/dm ³	2,92	1,69
ACIDEZ POTENCIAL (H+Al)	cmolc/dm ³	7,7	12,3
CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC)	cmolc/dm ³	17,2	17,4
SATURACÃO POR BASES	%	55	29
SATURACÃO POR ALUMÍNIO	%	2	23
SATURACÃO POR POTÁSSIO	%	2,3	0,6
ZINCO	mg/dm ³	7,20	0,58
COBRE	mg/dm ³	4,17	4,32
MANGANÊS	mg/dm ³	58,10	43,30
BORO	mg/dm ³	0,5	0,3
ENXOFRE	mg/dm ³	12,4	13,0

Observações



JACKSON MARCHAGIN
Eng. Agr. CREA-RS 183514
RN 221161599-6
Responsável Técnico