

**NAYARA FRANCIELI PARIZOTTO**

**PLANTABILIDADE: EFEITO DA VARIAÇÃO DA QUANTIDADE  
DE SEMENTES DE PENEIRA 5.5MM DENTRO DE UM LOTE  
DE SEMENTES DE PENEIRA DE 6.0MM NA PRODUTIVIDADE  
DA SOJA**

**Botucatu  
2026**



**NAYARA FRANCIELI PARIZOTTO**

**PLANTABILIDADE: EFEITO DA VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE  
SEMENTES DE PENEIRA 5.5MM DENTRO DE UM LOTE DE SEMENTES DE  
PENEIRA DE 6.0MM NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Tese apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp  
Câmpus de Botucatu, para obtenção  
do título de Doutora em Engenharia  
Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto  
Arbex Silva

Coorientador: Francisco Carlos  
Krzyzanowski.

**Botucatu**

**2026**

P234p

Parizotto, Nayara Francieli

Plantabilidade: Efeito da variação da quantidade de sementes de peneira 5.5mm dentro de um lote de sementes de peneira de 6.0mm na produtividade da soja / Nayara Francieli Parizotto. -- Botucatu, 2025

84 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva

Coorientador: Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski

1. Plantabilidade. 2. Peneiras. 3. Soja. I. Título.

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

PLANTABILIDADE: EFEITO DA VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE SEMENTES  
DE PENEIRA 5.5MM DENTRO DE UM LOTE DE SEMENTES DE PENEIRA 6.0MM NA  
PRODUTIVIDADE DA SOJA

AUTORA: NAYARA FRANCIELI PARIZOTTO

ORIENTADOR: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

COORDENADOR: FRANCISCO CARLOS KRZYZANOWSKI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Engenharia Agrícola,  
pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA (Participação Presencial)  
Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA



Prof. Dr. ROGERIO DE ANDRADE COIMBRA (Participação Presencial)  
Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais / Universidade Federal de Mato Grosso



Prof. Dr. ALDIR CARPES MARQUES FILHO (Participação Virtual)  
Departamento de Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Lavras/MG



Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIAS (Participação Presencial)  
Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA



Prof. Dr. KLEBER PEREIRA LANÇAS (Participação Presencial)  
Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Botucatu, 05 de janeiro de 2026.



A Deus, minha família e todas as pessoas  
envolvidas neste projeto e aos interessados nessa  
área de pesquisa para futuros benefícios e  
disseminação de conhecimento

Dedico



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, meu Pai e amigo, que me fortaleceu nos momentos mais difíceis e guiou cada passo desta caminhada.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp de Botucatu e aos professores, pelo ensino de excelência e por todo o conhecimento transmitido ao longo desta jornada.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva, pela amizade, orientação e pelos preciosos ensinamentos, que tanto contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, Dr. Francisco Carlos Krzyzanowski, pela constante ajuda, parceria e suporte essencial junto à EMBRAPA-SOJA.

Ao meu amigo Marcelo Munhoz Venâncio de Oliveira, cuja parceria e amizade foram constantes e fundamentais em todos os momentos desta trajetória. Sua presença e apoio fizeram toda a diferença nos desafios que enfrentei.

Ao meu amigo Michel Moura, que sempre esteve disposto a me ajudar quando precisei.

Aos meus colegas e integrantes do Grupo de Plantio Direto, pela colaboração e por compartilharem desta jornada: Eduardo Biral, Gabriela, Ana Imbrunito, Júlio César, Maria Clara Sávio, Ronega Boa Sorte, Rebeca, Leonardo Marconi, Diego Ponce, Júlia Arbex, Lucas Bessa, Arthur Pavan, João Pedro, Maria Eduarda, Mariana, Ana Clara, Simon Van de Lar, Pedro Silveira, Matheus, Pilar, Maria Camargo, Danila Van Vliet, Bento Jacinto, Henrique Fortuna, João David e Rafael Gobbin.

Aos funcionários, pela amizade e suporte ao longo do caminho, em especial a Eduardo Biral, Elizandra, Miguel, Andreia, Dirceu, Flávio, Daniel e todos os colaboradores da FEPE, que foram essenciais para o desenvolvimento da minha pesquisa.

Ao Professor Dr. Edvaldo Amaral, pela gentileza em disponibilizar o laboratório de sementes para a realização das análises.

À Valéria, técnica do laboratório de sementes, pela paciência, dedicação e pela ajuda indispensável durante a instalação e execução das análises.

A todos que, com suas contribuições, amizade e colaboração, foram peças fundamentais para que eu alcançasse o título de doutora, meu mais profundo agradecimento.

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

“Nem olhos viram, nem ouvidos ouviram, nem jamais penetrou em coração humano o que Deus tem preparado para aqueles que o amam”.

BÍBLIA, A. T. Coríntios 2.9. In BÍBLIA. Português. **Sagrada Bíblia Católica:** Antigo e Novo Testamentos. Tradução de José Simão. São Paulo: Sociedade Bíblica de Aparecida, 2008.



## RESUMO

Com o crescimento populacional e a consequente demanda por maiores produtividades, o estande de plantas torna-se um fator determinante no desempenho da cultura, sendo a uniformidade na linha de cultivo fortemente influenciada pela eficiência da semeadora. Estudos indicam que o tamanho das sementes pode afetar diretamente a produtividade, visto que sementes maiores, por possuírem maior reserva nutricional, tendem a apresentar melhor desempenho quando comparadas às menores. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição de sementes no sulco durante o processo de semeadura, bem como a produtividade, considerando diferentes percentuais de retenção na peneira de 5,5 mm em um lote de sementes classificadas na peneira de 6,0 mm, além da análise da qualidade física e fisiológica das sementes. O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas (2023/24 e 2024/25), em área experimental sob sistema de plantio direto, com cobertura de aveia-preta. Foram avaliados sete tratamentos, com diferentes percentuais de retenção nas peneiras, utilizando sementes da cultivar BMX FIBRA 646RSF IPRO, com quatro repetições por tratamento, totalizando 28 unidades experimentais. A amostragem e a separação dos tratamentos foram realizadas na Embrapa Soja, em Londrina – PR. Durante a semeadura, realizou-se a coleta de sementes diretamente no campo, por meio do bloqueio de um dos tubos condutores de uma das linhas da semeadora, possibilitando a retenção do material para posterior análise de qualidade. Adicionalmente, foi conduzida uma simulação da semeadura no Núcleo de Ensaios de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA), na qual sacos de papel foram posicionados ao final das correias do simulador, permitindo a coleta das sementes após a passagem pelos sistemas dosadores. As amostras obtidas foram submetidas a análises de qualidade física (teor de água, teste de hipoclorito de sódio e tetrazólio) e fisiológica (germinação, comprimento de plântulas, massa seca e tetrazólio). Os resultados obtidos atenderam ao objetivo proposto e evidenciaram que a desuniformidade no tamanho das sementes influencia diretamente a distribuição no sulco de semeadura, comprometendo a uniformidade de deposição. Como consequência, essa variabilidade impacta negativamente o estabelecimento das plantas e, portanto, a produtividade final da cultura.

**Palavras-chave:** dano mecânico; *glycine max*; peneiras; plantabilidade, sementes.



## ABSTRACT

With population growth and the consequent demand for higher productivity, plant stand becomes a determining factor in crop performance, and uniformity along the planting row is strongly influenced by the efficiency of the seeder. Studies indicate that seed size can directly affect productivity, as larger seeds, due to their greater nutritional reserves, tend to perform better compared to smaller ones.

The present study aimed to evaluate seed distribution in the furrow during the sowing process, as well as crop productivity, considering different percentages of retention on the 5.5 mm sieve within a batch of seeds classified on the 6.0 mm sieve, in addition to analyzing the physical and physiological quality of the seeds. The experiment was conducted over two growing seasons (2023/24 and 2024/25) in an experimental area under a no-tillage system, with black oat cover. Seven treatments were evaluated, with different retention percentages on sieves, using seeds of the cultivar BMX FIBRA 646RSF IPRO, with four replications per treatment, totaling 28 experimental units. Sampling and treatment separation were carried out at Embrapa Soybean, in Londrina, PR, Brazil. During sowing, seed samples were collected directly in the field by blocking one of the seed tubes of a seeder row, allowing the retention of material for subsequent quality analysis. Additionally, a sowing simulation was conducted at the Center for Testing Agricultural Machinery and tires (NEMPA), where paper bags were placed at the end of the simulator belts, enabling seed collection after passing through the metering systems. The obtained samples were subjected to physical quality analyses (moisture content, sodium hypochlorite test, and tetrazolium test) and physiological quality analyses (germination, seedling length, dry mass, and tetrazolium test). The results met the proposed objective and demonstrated that non-uniformity in seed size directly affects seed distribution in the sowing furrow, compromising deposition uniformity. Consequently, this variability negatively impacts plant establishment and, therefore, the final crop productivity.

**Keywords:** mechanical damage; *glycine max*; sieves; plantability; seeds.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Simulador de bancada para o sistema de mecanismo dosador pneumático– Selenium, as sementes são individualizadas no disco dosador através da pressão negativa.....                                                                                                                                                      | 34 |
| Figura 2 – Disco de 55 furos para a cultura da soja de 4,0 mm e fileira simples utilizado para a distribuição de sementes de soja, através das esteiras simuladoras de bancada.....                                                                                                                                               | 35 |
| Figura 3 – GPD para análise da distribuição longitudinal de sementes na simuladora de bancada, identificando falhas, duplas, e espaçamentos aceitáveis.....                                                                                                                                                                       | 35 |
| Figura 4 – Croqui delineamento experimental.....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 36 |
| Figura 5 – Equipamento para determinação do peso hectolitro de sementes de soja.....                                                                                                                                                                                                                                              | 38 |
| Figura 6 – Dados climáticos diários das safras 2023/24 e 2024/25, Botucatu....                                                                                                                                                                                                                                                    | 43 |
| Figura 7 – Mapa de correlação de Pearson entre variáveis, avaliadas para as sementes de soja retidas na peneira de 6,0 mm, complementadas por sementes retidas na peneira de 5,5mm diferentes proporções safra 2024 e 2025. As cores indicam a intensidade e a direção das correlações entre as variáveis, safra 2024 e 2025..... | 71 |



## SUMÁRIO

|          |                                                                                                                                                                       |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                                                | <b>19</b> |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                                                                                                     | <b>21</b> |
| 2.1      | Cultura da soja.....                                                                                                                                                  | 21        |
| 2.2      | Característica formológicas e fisiológicas.....                                                                                                                       | 23        |
| 2.3      | Qualidade das sementes em função do seu tamanho.....                                                                                                                  | 26        |
| 2.4      | Plantabilidade.....                                                                                                                                                   | 28        |
| 2.5      | Máquinas para semeadura.....                                                                                                                                          | 29        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                                                                                                                        | <b>32</b> |
| 3.1      | Localização do desenvolvimento da pesquisa.....                                                                                                                       | 32        |
| 3.2      | Primeira etapa- Retenção de sementes de soja em diferentes tamanhos de peneiras e avaliação da qualidade física e fisiológica.....                                    | 32        |
| 3.3      | Delineamento experimental.....                                                                                                                                        | 36        |
| 3.4      | Testes utilizados para avaliação da qualidade .....                                                                                                                   | 37        |
| 3.4.1    | Peso hectolitro da semente.....                                                                                                                                       | 37        |
| 3.4.2    | Determinação do teor de água.....                                                                                                                                     | 38        |
| 3.4.3    | Teste de hipoclorito.....                                                                                                                                             | 38        |
| 3.4.4    | Teste de tetrazólio.....                                                                                                                                              | 39        |
| 3.4.5    | Teste de Germinação.....                                                                                                                                              | 40        |
| 3.4.6    | Teste de comprimento de plântula.....                                                                                                                                 | 40        |
| 3.5      | Segunda etapa- Semeadura a campo das sementes de soja e avaliação da distribuição das sementes no sulco e da sua qualidade física e fisiológica após a semeadura..... | 41        |
| 3.6      | Descrição da área.....                                                                                                                                                | 41        |
| 3.6.1    | Massa seca vegetal.....                                                                                                                                               | 43        |
| 3.7      | Semeadura a campo.....                                                                                                                                                | 44        |
| 3.7.1    | Avaliação da distribuição das sementes no sulco.....                                                                                                                  | 44        |
| 3.7.2    | Condução e monitoramento do experimento.....                                                                                                                          | 45        |
| 3.7.3    | Produtividade.....                                                                                                                                                    | 46        |
| 3.8      | Análise Estatística.....                                                                                                                                              | 48        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                                                                                                    | <b>49</b> |

|          |                         |           |
|----------|-------------------------|-----------|
| <b>5</b> | <b>CONCLUSÕES.....</b>  | <b>75</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b> | <b>77</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A produtividade das culturas está associada a vários fatores de qualidade da semente, como as características física, fisiológica, genética e sanitária. Destacando-se dentre eles a qualidade da classificação da semente por tamanho, isto é a taxa de retenção de peneira, e a sua interferência na precisão da semeadura visando garantir um estande adequado de plantas, precisamente espaçadas no campo objetivando o sucesso da implantação da lavoura, o qual é um dos fatores primordiais necessários para atingir alto potencial produtivo da cultivar semeada.

O tamanho das sementes está associado às suas dimensões físicas, como comprimento, largura e espessura, sendo determinado, na prática, pela retenção em peneiras padronizadas. Já a densidade refere-se à relação entre a massa da semente e o seu volume, indicando o grau de compactação do material interno, principalmente das reservas nutricionais. Ambos os atributos estão diretamente associados à quantidade de reservas armazenadas, fator que influencia significativamente a qualidade fisiológica das sementes.

Essas reservas são fundamentais para o desenvolvimento inicial da plântula, sendo utilizadas até que ela se torne capaz de realizar fotossíntese de forma independente. Dessa forma, sementes maiores e mais densas tendem a conter maior quantidade de reservas, o que pode torná-las mais vigorosas.

O vigor das sementes refere-se à sua capacidade de germinar rapidamente e originar plântulas fortes e uniformes, mesmo sob condições ambientais menos favoráveis. Ele complementa a germinação ao fornecer uma estimativa mais realista do desempenho das sementes no campo, sendo um dos principais indicadores do potencial produtivo da lavoura.

Esse vigor, no entanto, não é o único fator que impacta a produtividade no campo. A desuniformidade no tamanho das sementes, decorrente das misturas nas peneiras, compromete a eficiência do sistema de dosagem, especialmente em função da pressão de vácuo do disco de sementes, resultando em prejuízos na distribuição longitudinal. Essa condição pode provocar a ocorrência de sementes duplas e falhas

na semeadura, ocasionando alterações no estande de plantas e, conseqüentemente, impactos negativos na produtividade da lavoura.

A ocorrência de duplas na semeadura pode causar competição entre as plantas, resultando em dominância de uma sobre a outra. Já as falhas representam a ausência de plantas, criando espaços livres que favorecem o surgimento de plantas invasoras. Essas invasoras competem por luz, água e nutrientes, prejudicando o desenvolvimento da cultura e comprometendo seu desempenho no campo. Esse tipo de desuniformidade pode causar perdas significativas na produtividade, uma vez que cada falha por metro quadrado pode representar uma redução considerável na produção final da lavoura.

A escolha inadequada do conjunto de disco e anel para semeadoras mecânicas e má adequação do vácuo para semeadoras pneumáticas, podem ocasionar dano mecânico nas sementes, levando a morte da semente (no caso de um impacto muito forte), como pode provocar rachaduras no tegumento, facilitando o acesso de microrganismos patogênicos ao seu interior, podendo inviabilizar a semente no momento da germinação.

Outro fator determinante é a velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora utilizado. Velocidades fora da faixa ideal possibilitam uma má distribuição das sementes no sulco e podem agravar as perdas por danos mecânicos em sementes danificadas.

O coeficiente de variação dos espaçamentos entre as sementes também é um fator importante principalmente no momento da semeadura, e alencado ao padrão uniforme de tamanho das sementes possibilitam ao produtor uma semeadura de boa qualidade.

Ainda existe muita controvérsia em relação ao efeito do tamanho da semente de soja no desempenho da cultura, havendo a necessidade de pesquisas para o melhor esclarecimento do assunto.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar se a desuniformidade nos tamanhos das sementes de soja, expressa por diferentes níveis de retenção em peneiras, compromete a distribuição espacial das sementes durante a semeadura, influenciando o estande de plantas e a produtividade da soja, bem como seus efeitos na qualidade física e fisiológica das sementes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura da Soja

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill tem origem asiática, especialmente nas regiões Norte e Central da China. Sua chegada ao Brasil ocorreu em 1882, inicialmente, sendo posteriormente introduzida no Rio Grande do Sul por volta de 1900. A cultura começou a se expandir de forma mais evidente na década de 1930 e passou a figurar nas estatísticas oficiais nos anos 1940. Já na década de 1960, observou-se um crescimento acelerado do cultivo, quando a espécie passou a ser utilizada como alternativa de sucessão ao trigo (Costa, 1996).

A soja tem experimentado um crescimento notável no Brasil nas últimas cinco décadas, com a produção aumentando mais de 1000% de 1973 a 2023, enquanto a área cultivada cresceu cerca de 400%, o que reflete um significativo aumento de produtividade (Embrapa, 2023).

De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária, a estimativa mais recente do Valor Bruto da Produção (VBP) agropecuária para o ano de 2025 é de R\$ 1,431 trilhão, representando um crescimento de 11% em relação ao ano anterior. Desse total, R\$ 874,80 bilhões correspondem às lavouras, com a soja mantendo-se como destaque entre as principais culturas, impulsionada principalmente pelo aumento na produção (Mapa, 2024).

Principal leguminosa produzida no Brasil e no mundo, destacando-se como a *commodity* mais relevante no território brasileiro. Segundo o 4º Levantamento da Safra de Grãos 2026 da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a produção total a projeção é de 353,1 milhões de toneladas de grãos, um crescimento de 0,3% sobre o ciclo anterior, o que configura esta safra como a maior já registrada no país. Especificamente para a soja a estimativa da área cultivada é de 48.672,6 mil hectares, com a oleaginosa, 2,8% superior ao da última safra, e a produção está estimada em 176.124,4 mil toneladas, 2,7% superior à da safra 2024/25.

Segundo Nepomuceno (2023), esse avanço contínuo na produtividade por hectare é resultado do uso de ciência e tecnologia, permitindo que os produtores adotem as melhores práticas agrícolas e aumentem a produção de forma eficiente.

Atualmente, a leguminosa é cultivada em 20 estados e no Distrito Federal, com Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás se destacando como os maiores produtores. A maior parte da produção brasileira é destinada à exportação, especialmente para a Ásia, com destaque para a China, além de outros mercados na Europa e em outras regiões do mundo (Nepomuceno, 2023).

O Brasil se consolidou como o maior exportador mundial, com projeções de crescimento tanto na produção quanto na demanda. Apesar da forte demanda interna, impulsionada pelo aumento da produção de aves e suínos, a exportação continua a ser o principal mercado de soja do país (Martins *et al.*, 2022).

A obtenção de sementes e grãos de soja com elevada qualidade representa um desafio especialmente nas regiões tropicais e subtropicais. Nessas áreas, torna-se essencial adotar práticas agrícolas específicas que garantam a produção adequada de sementes e grãos. A não utilização dessas práticas poderá resultar na baixa qualidade dos produtos, sendo que, para as sementes, caso a mesma seja utilizada para a semeadura, poderá resultar em baixas produtividades, e no caso de grãos, poderá afetar os teores de óleo e de proteína e diminuir a qualidade sensorial (França-Neto *et al.*, 2016).

Conforme Zuchi (2015), a produção de sementes de soja se destaca como um dos segmentos mais avançados do setor sementeiro, devido à ampla utilização de tecnologias de ponta. Essas inovações permitem a produção e a padronização de lotes de sementes que atendem às exigências do mercado, garantindo elevados índices de vigor e germinação. No entanto, para que essas sementes realmente alcancem os padrões de qualidade desejados, é essencial a implementação de um rigoroso controle de qualidade ao longo de todo o processo produtivo.

Neste contexto a eficiência na produção da soja, é fundamental a realização de testes que avaliem a capacidade fisiológica das sementes que são organismos vivos essenciais para otimizar os padrões quantitativos e qualitativos da produção, sendo que a qualidade genética, física e fisiológica são fatores determinantes para o bom desempenho e os padrões de excelência no campo. Dessa forma, os lotes podem ser classificados com base em sua qualidade. Para serem consideradas de alta qualidade, as sementes devem apresentar elevados índices de vigor, germinação e sanidade (Fessel *et al.*, 2003; Krzyzanowski, 2018).

## 2.2 Característica morfológicas e fisiológicas

A cultura da soja apresenta desenvolvimento fenológico organizado em estádios vegetativos e reprodutivos, conforme o sistema de classificação proposto por Ritchie, Hanway e Thompson. Nesse sistema, os estádios vegetativos são identificados pela letra “V”, iniciando-se em VE (emergência) e evoluindo numericamente conforme o surgimento de nós na haste principal (V1, V2, V3... Vn). Os estádios reprodutivos são designados pela letra “R”, iniciando-se em R1 (início do florescimento) e estendendo-se até R8 (maturação plena), caracterizando as fases de florescimento, formação de vagens, enchimento de grãos e maturação fisiológica da cultura (Ritchie; Hanway; Thompson, 1982).

A soja caracteriza-se como uma espécie anual pertencente à família Fabaceae, classificada fisiologicamente como planta de metabolismo fotossintético do tipo C3. Do ponto de vista composicional, destaca-se por seu elevado conteúdo de proteínas e lipídios, o que lhe confere expressiva relevância econômica e nutricional. De acordo com Mandarin (2015), os grãos de soja apresentam, em média, 38% de proteínas, 19% de lipídios, 23% de carboidratos e 4% de minerais, além de aproximadamente 11% de umidade, valores que evidenciam seu alto valor nutricional e sua ampla utilização industrial.

No Brasil, o melhoramento genético da soja tem avançado significativamente, com o uso de ferramentas moleculares e estatísticas, como marcadores de DNA, que aceleram o desenvolvimento de cultivares adaptadas às diversas condições de cultivo do país. Essa abordagem não apenas otimiza o processo de seleção, mas também contribui para a sustentabilidade agrícola, permitindo a obtenção de variedades mais resistentes e produtivas (Canal Rural, 2024).

A diversidade genética é fundamental para assegurar medidas de proteção contra problemas futuros, como pragas ou doenças, além de fornecer uma base para melhoramentos genéticos. A soja apresenta elevada sensibilidade ao fotoperíodo, de modo que a faixa de adaptação de cada cultivar é condicionada à latitude da região de cultivo. Em áreas próximas à linha do Equador, a menor variação anual na duração do dia influencia processos fisiológicos como a indução floral, a fotossíntese e o desenvolvimento reprodutivo da planta. Atualmente, a classificação dos materiais quanto à duração do ciclo é realizada por meio dos Grupos de Maturidade Relativa

(GMR), que organizam as cultivares de acordo com sua resposta ao fotoperíodo e permitem estimar sua adaptação e comportamento fenológico em diferentes macrorregiões de cultivo (Amaral *et al.*, 2022; Gomes *et al.*, 2016).

Compreender a fisiologia da soja é fundamental para otimizar o manejo da cultura. A fisiologia da soja envolve processos essenciais, como a fotossíntese, respiração, absorção de água e nutrientes, além de respostas a estímulos ambientais. A compreensão desses mecanismos é crucial para o aprimoramento das práticas agrícolas, buscando maximizar a produtividade da cultura e a eficiência no uso de recursos, principalmente em face das variações climáticas e das necessidades específicas de cada cultivar. Nesse contexto a utilização de sementes de elevada qualidade, torna-se um fator determinante para o êxito produtivo da soja, promovendo maior eficiência no uso de insumos e contribuindo para a sustentabilidade da produção (Embrapa, 2005).

Sementes de alta qualidade apresentam um conjunto de atributos fundamentais que asseguram seu desempenho agrônomo, abrangendo características genéticas, fisiológicas, físicas e sanitárias. Os atributos fisiológicos estão diretamente relacionados à capacidade da semente em exercer, com máxima eficiência, suas funções vitais, sendo expressos por meio da germinação, vigor e longevidade. Além desses, os atributos físicos desempenham papel essencial na qualidade da semente, considerando fatores como teor de água, coloração, densidade, aparência, bem como a presença de danos mecânicos, injúrias causadas por insetos e infecções oriundas de patógenos. No âmbito da qualidade sanitária, destaca-se a avaliação da incidência e frequência de organismos fitopatogênicos, incluindo vírus, fungos, bactérias, nematoides e insetos vetores de doenças, os quais podem comprometer a viabilidade e o estabelecimento das plântulas (Krzyzanowski *et al.* 2008; Popinigis, 1985).

Adicionalmente, a qualidade da semente também é determinada pela pureza física, abrangendo a proporção de sementes viáveis em relação a impurezas, a presença de sementes de outras espécies cultivadas, silvestres e de plantas daninhas, além da detecção de sementes nocivas toleradas e proibidas. Dessa forma, a interação entre esses atributos confere às sementes potencial agrônomo superior, refletindo-se em características como elevada produtividade, resistência a pragas, adequação ao ciclo fenológico e qualidade do grão (Krzyzanowski *et al.* 2008).

Sementes de alto vigor possibilitam rápida germinação e emergência das plântulas, resultando plantas com alto desempenho apresentando melhor estruturação elevando a taxa de crescimento, adquirindo sistema radicular profundo, consequentemente produzindo maior número de vagens, gerando maiores produtividades (Embrapa, 2016).

Baixa germinação e vigor de sementes, são características de injúria mecânica, provavelmente causadas por atrito das sementes contra superfícies rígidas ou a colisão em outras sementes, ocorrendo as quebras, trincas, fragmentos e danificações (Fonseca, 2007). As sementes de soja, por sua vez, são especialmente suscetíveis a esses danos durante o processamento e manuseio, os quais afetam diretamente sua viabilidade e vigor. Lesões localizadas na região do embrião comprometem a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas, impactando negativamente a uniformidade do estande e, consequentemente, a produtividade da lavoura (Ferraz *et al.*, 2010).

Segundo Costa *et al.* (1994), considera-se dano físico qualquer lesão causada por ação mecânica sobre a semente, capaz de comprometer sua qualidade e impactar negativamente seu desempenho fisiológico, especialmente em termos de germinação e vigor. Estima-se que cerca de 40% desses danos ocorram no momento da colheita mecanizada, enquanto aproximadamente 50% são gerados durante o beneficiamento. Além disso, 4% acontecem no armazenamento, 2% no transporte e outros 4% durante a semeadura (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Segundo Alvarez *et al.* (1997), mencionam que cultivares de soja, com grande percentual de lignina presente no tegumento das sementes são mais resistentes a danos mecânicos.

Durante a embebição, sementes que possuem danos mecânicos podem sofrer rápida lixiviação do conteúdo celular, perdendo energia e reservas necessárias para o desenvolvimento de plantas vigorosas, favorecendo a incidência de microrganismos de solo prejudicando o estabelecimento das plântulas (Dornbos, 1994).

O dano mecânico é um dos principais fatores que afetam a qualidade física e fisiológica da semente, por se tratar de lesões sobre o tegumento e o embrião, e pode originar ruptura das sementes, a identificação e quantificação desses danos são essenciais para a avaliação da qualidade das sementes, sendo comumente realizadas

por meio do teste de tetrazólio, uma metodologia que evidencia regiões afetadas por meio de padrões de coloração (Silva, 2017).

### 2.3 Qualidade das sementes em função do seu tamanho

A qualidade das sementes exerce papel fundamental no desempenho das culturas, pois depende de um conjunto de características genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias que determinam seu potencial para formar plantas vigorosas e produtivas (Marcos Filho, 2005).

A qualidade fisiológica das sementes é definida por atributos como germinação e vigor, os quais influenciam diretamente o comportamento das plantas no campo. Variações nos níveis de vigor em sementes de soja podem impactar todas as fases do desenvolvimento da cultura, desde a emergência até a obtenção de altos rendimentos (Rossi *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2018).

A classificação das sementes de soja, prática adotada no Brasil há muitos anos, é fundamental porque a uniformização do tamanho das sementes contribui para uma semeadura mais precisa, auxiliando na obtenção da população de plantas adequada no campo (Krzyzanowski *et al.*, 1991).

A demanda por semente de alta qualidade tem aumentado por parte dos agricultores e os produtores de sementes são demandados após o processo de limpeza classificá-las por tamanho e densidade tendo em vista o aprimoramento da semeabilidade visando assegurar melhor produtividade. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), as sementes de maior tamanho apresentam embriões bem formados, com maiores quantidades de reservas, sendo potencialmente as mais vigorosas, o que aumentando o sucesso no estabelecimento da plântula.

O tamanho das sementes é uma característica amplamente investigada, uma vez que pode influenciar diferentes aspectos do desempenho tanto das próprias sementes quanto das plantas que delas se originam (Padua *et al.*, 2010). A forma como as sementes são classificadas também exerce impacto direto sobre sua germinação e vigor, afetando a qualidade final do material utilizado na semeadura (Coelho, 2019).

Para Carvalho e Nakagawa (2012), o tamanho das sementes não tem influência sobre a germinação, mas pode afetar o vigor da plântula resultante,

sendo que as sementes de maior tamanho originam plântulas mais vigorosas e em condições variáveis de campo, podem resultar em estandes superiores.

Sementes de soja classificadas em peneiras com diâmetros entre 5,5 mm e 6,5 mm não apresentam diferenças significativas na produtividade da cultura. Assim, a prioridade na escolha do material deve estar voltada à qualidade fisiológica e física das sementes, buscando lotes que favoreçam maior uniformidade de estande e, conseqüentemente, proporcionem maior homogeneidade e desempenho produtivo da lavoura (Camozzato *et al.*, 2009).

Pesquisas indicam que o tamanho das sementes pode influenciar diretamente o desempenho inicial das plântulas. Derre *et al.* (2017) observaram que sementes de maior calibre apresentaram maiores índices de germinação e maior velocidade de emergência, resultando em plântulas mais vigorosas. Esse efeito pode estar associado ao maior potencial fisiológico dessas sementes, que apresentam metabolismo mais ativo, favorecendo a rápida emissão da raiz primária e promovendo crescimento inicial mais uniforme (Munizzi *et al.*, 2010).

O sucesso no estabelecimento das plantas no campo também depende de parâmetros como desenvolvimento radicular e uniformidade do estande. Segundo Prado *et al.* (2021), sementes classificadas em peneiras maiores tendem a proporcionar plântulas com melhor estabelecimento, contribuindo para maior homogeneidade do estande. Por outro lado, Peripolli *et al.* (2019) observaram que o tamanho das sementes pode influenciar de maneira distinta a velocidade de germinação e o crescimento da radícula. Seus resultados indicam que sementes menores podem apresentar maior velocidade de emissão radicular, embora essa diferença nem sempre se mantenha nas fases seguintes do desenvolvimento da planta.

De acordo com Krzyzanowski *et al.* (1991), o tamanho das sementes pode contribuir positivamente para a produtividade da soja, principalmente por favorecer maior precisão na semeadura e, conseqüentemente, um melhor estabelecimento das plantas. A padronização do tamanho das sementes tornou-se ainda mais relevante diante das exigências tecnológicas atuais, já que as novas cultivares demandam populações por hectare menores e maior rigor na densidade de semeadura. Qualquer variação pode comprometer a implantação adequada da

lavoura, o que justifica a importância da classificação por tamanho (Comozzato, 2009).

O tamanho das sementes de soja pode apresentar variação tanto entre diferentes cultivares quanto entre lotes de um mesmo cultivar, sendo influenciado por diversos fatores externos, como a ocorrência de pragas e doenças, condições de temperatura, disponibilidade de água e fertilidade do solo (Vinhai-Freitas *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2012; Ambika *et al.*, 2014).

A utilização de semente padronizada por tamanho contribui para uma melhor precisão de semeadura, facilitando a obtenção de uma população de plantas adequada e distribuída uniformemente (Embrapa, 2016).

## 2.4 Plantabilidade

Para assegurar um estande de plantas de soja bem espaçado, sem aglomerações ou falhas nas linhas de plantio, é fundamental o uso de semeadoras de alta precisão. A distribuição uniforme das sementes promove um estabelecimento eficiente das plantas, resultando em uma lavoura mais uniforme e produtiva (Embrapa, 2016).

A eficiência na semeadura está relacionada a diversos fatores que, quando combinados, possibilitam um estande adequado com alta produtividade. Entre esses fatores, destacam-se o espaçamento entre linhas, a utilização de sementes de qualidade, a equidistância das sementes no sulco de plantio, a cobertura total e o contato semente/solo, a disponibilidade hídrica para germinação e a profundidade de semeadura (Marquez, 2004; Schuch; Peske, 2012).

A precisão na distribuição das sementes, conhecida como plantabilidade, refere-se à exatidão com que as sementes são posicionadas na linha de plantio, influenciando diretamente a uniformidade do estande e, consequentemente, a produtividade da cultura (Martins *et al.*, 2021).

Estudos demonstram que ajustes na velocidade de semeadura e a utilização de tecnologias como a fixação biológica de nitrogênio podem contribuir para o aumento da produtividade da soja (Borges *et al.*, 2020). Entretanto, negligenciar os princípios básicos de manutenção, regulação e dimensionamento de máquinas agrícolas compromete a plantabilidade, resultando em falhas, duplas e

desuniformidade no desenvolvimento das plantas, o que afeta diretamente o rendimento da cultura (Dias, 2017; Barros *et al.*, 2022).

## 2.5 Máquinas para semeadura

A semeadora é o equipamento utilizado para realizar a distribuição das sementes. Conforme descrito por Machado *et al.* (2005), sua função é dosar as sementes individualmente ou em pequenos grupos e direcioná-las ao sulco de semeadura, mantendo profundidade e espaçamentos adequados à cultura, de forma uniforme.

Márquez (2004) destaca que o desempenho da operação de semeadura resulta da interação de diversos fatores, tais como a qualidade do lote de sementes, as condições de preparo do solo, a cobertura adequada, o contato eficiente com o solo e a umidade, além da correta distribuição das sementes no sulco, tanto em profundidade quanto ao longo da linha de plantio, bem como do espaçamento entre linhas.

De acordo com Murray *et al.* (2006), em uma semeadora-adubadora de precisão, destacam-se como componentes essenciais aqueles que realizam a abertura do sulco e o controle da profundidade, os mecanismos responsáveis pela dosagem das sementes e os sistemas que conduzem essas sementes do dosador até o sulco de semeadura.

Segundo Balastreire (1987), o mecanismo dosador de uma semeadora de precisão deve ser compatível com a espécie e com a variedade a ser implantada, garantindo que o processo não cause danos às sementes nem comprometa seu potencial germinativo. Além disso, o tipo de dosador empregado pode influenciar diretamente a qualidade da semeadura, uma vez que determinados mecanismos podem provocar danos mecânicos que afetam o desempenho das sementes no campo (IAPAR, 2002).

Para Balastreire, (1987) o mecanismo dosador de uma semeadora de precisão deve ser adequado à espécie e variedade a ser semeada, para evitar que as sementes sejam danificadas e percam o poder germinativo. O tipo de dosador utilizado, além de afetar a distribuição de sementes, pode interferir na

qualidade de semeadura, em função de danos mecânicos ocasionados as sementes (Iapar, 2002).

Nas semeadoras de precisão utilizadas no Brasil, a distribuição de sementes é, em grande parte, realizada por discos horizontais dotados de alvéolos, responsáveis por captar, individualizar e liberar as sementes. No sistema pneumático, essa dosagem ocorre por meio de vácuo ou pressão gerados por uma turbina. Nesse mecanismo, um disco vertical em rotação retém as sementes em um reservatório localizado em sua base, sendo que a ação do ar mantém as sementes aderidas aos orifícios. A liberação para o solo ocorre quando um dispositivo de corte interrompe a pressão, permitindo a queda da semente (Iapar, 2002).

A regulação adequada da semeadora associada às sementes de qualidade (elevada germinação e alto vigor) se complementam para almejar elevado teto de produtividade (Bortoloto, 2014).

Portanto, para garantir um padrão adequado de semeadura, diversos aspectos precisam ser observados, como a seleção do disco de sementes, o tipo de semeadora empregada (mecânica ou pneumática), o ajuste da pressão de vácuo, a velocidade de deslocamento, o espaçamento entre semente e adubo, o contato semente/solo e a profundidade de deposição (Rodrigues, 2012).

De acordo com Furlani *et al.* (2006) velocidades de deslocamento acima de certos limites pode afetar na deposição de sementes influenciando na produtividade final da cultura implantada.

Conforme descrito por Vieira (2002), a velocidade adequada de semeadura é aquela que possibilita a abertura e o fechamento do sulco sem provocar excesso de revolvimento do solo, garantindo que as sementes sejam depositadas com regularidade de profundidade e espaçamento.

Para que a cultura manifeste plenamente seu potencial produtivo ao longo do ciclo, é fundamental que a operação de semeadura seja conduzida corretamente, observando-se a semeabilidade, conceito que se refere à quantidade de sementes bem distribuídas por área, favorecendo o estabelecimento de uma população uniforme de plantas (Schuch; Peske, 2012).

A semeabilidade depende diretamente da distribuição adequada das sementes no sulco, considerando tanto a densidade quanto a profundidade de

deposição realizadas pela semeadora (Marquez, 2004). A ausência de práticas básicas de manutenção, regulagem e dimensionamento dos equipamentos agrícolas compromete esse processo, podendo reduzir o desempenho produtivo (Dias, 2017).

A produtividade agrícola resulta da interação de múltiplos fatores, como a constituição genética e a qualidade das sementes, a época de semeadura e a velocidade de operação. Embora aspectos climáticos e de temperatura não possam ser controlados, a negligência quanto ao ajuste correto da velocidade recomendada pode acarretar quedas importantes na produtividade (Silva, 2015).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização do desenvolvimento da pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em duas etapas entre os anos agrícolas de 2023/2024 e 2024/2025. O experimento foi instalado na área experimental da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho em Botucatu-SP, e a avaliação da qualidade física e fisiológica no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal da universidade.

#### 3.2 Primeira etapa- Retenção de sementes de soja em diferentes tamanhos de peneiras e avaliação da qualidade física e fisiológica

A primeira etapa do experimento foi realizado no laboratório de fisiologia de sementes do Núcleo de Tecnologia de Sementes e Grãos da Embrapa Soja. Nesta etapa foram conduzidos os testes de qualidade física e fisiológica em sementes de soja disponibilizadas pela Cooperativa COCARI. As sementes são da cultivar BMX FIBRA 646RSF IPRO (Quadro1), com peneira original de 5,5 milímetros (mm). Durante a preparação as sementes foram passadas na peneira de 6,0 mm e retenção na peneira de 5,5 mm, que predominou a peneira 6,0 mm. Portanto foi considerado 6,0 mm e adicionou-se as sementes com peneira de 5,5 mm para compor os diferentes percentuais de mistura de diferentes conforme o Quadro 2, indicando 7 níveis de retenção de peneiras (100, 95, 90, 85, 80, 75 e 70%). Posteriormente foi realizada a avaliação da distribuição longitudinal das sementes no laboratório do Grupo de Plantio Direto, na Unesp de Botucatu-SP. As coletas foram realizadas em uma simuladora de distribuição vertical equipada com dosador da marca Selenium (Figura 1), e discos de 55 furos para a cultura da soja de 4,0 mm e fileira simples, com densidade de 15 sementes por metro em todos os tratamentos (Figura 2). As sementes utilizadas nesta etapa experimental receberam previamente tratamento com inseticida e fungicida, conforme descrito na etapa de campo, garantindo uniformidade das condições experimentais. Foi realizado 4 repetições de 250 espaçamentos para cada tratamento. Com o auxílio do aplicativo do GPD (Figura 3) foram coletados o coeficiente de variação, espaçamentos aceitáveis, duplas e falhas com o auxílio de uma trena.

**Quadro 1 - Características das sementes utilizadas de soja cultivar BR FIBRA**

| SOJA BMX FIBRA 646RSF IPRO |                                                              |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Tipo de cultura            | Soja                                                         |
| Ciclo médio                | Indeterminado                                                |
| Grupo de maturação         | 6,4                                                          |
| Duração média              | 111 a 128 dias                                               |
| População desejada         | Safrá: 220-340 mil plantas. ha                               |
| Característica da semente  | Semente por metro na linha de semeadura: 15                  |
|                            | Massa de mil grão (g): 156                                   |
|                            | Porcentagem mínima de germinação das sementes utilizadas: 84 |

**Fonte:** Brasmax® – GDM Seeds Brasil.

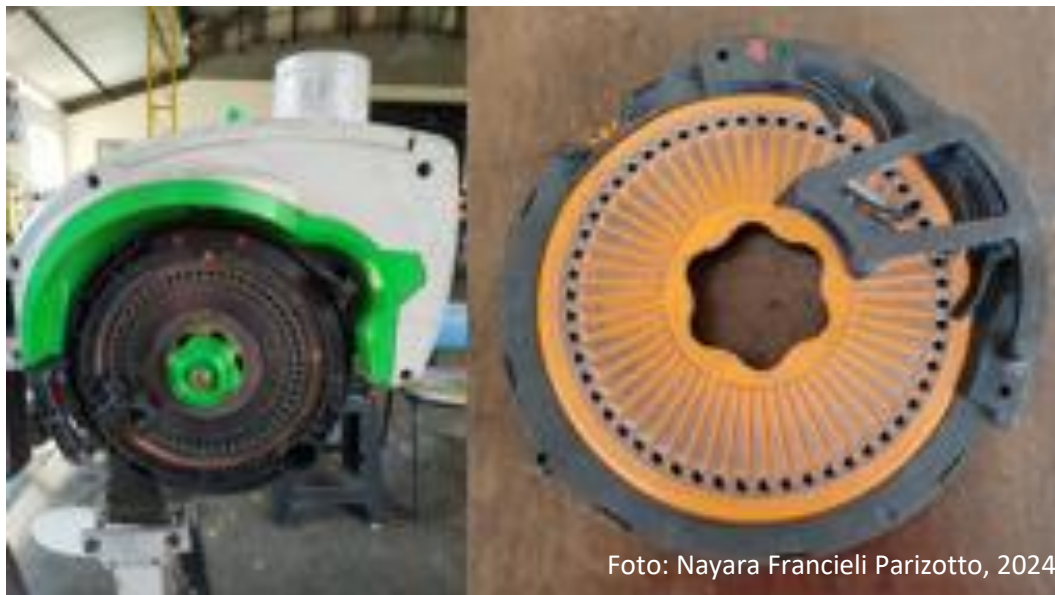
**Quadro 2 - Descrição dos tratamentos com diferentes proporções de sementes de soja retidas na peneira de 6,0 mm, com porcentagens complementares de sementes incluídas da peneira de 5,5 mm.**

| Tratamento | Peneira 6,0 mm | Peneira 5,5 mm |
|------------|----------------|----------------|
|            | retenção (%)   | (%) inclusão   |
| Nº 01      | 100            | 0              |
| Nº 02      | 95             | 5              |
| Nº 03      | 90             | 10             |
| Nº 04      | 85             | 15             |
| Nº 05      | 80             | 20             |
| Nº 06      | 75             | 25             |
| Nº 07      | 70             | 30             |

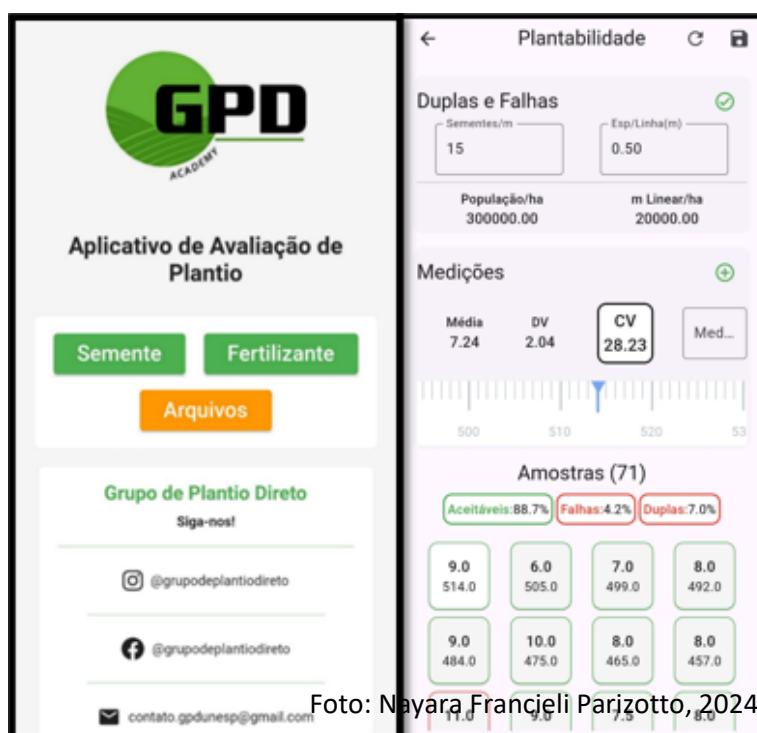
**Figura 1 - Simulador de bancada para o sistema de mecanismo dosador pneumático– Selenium, as sementes são individualizadas no disco dosador através da pressão negativa.**



**Figura 2 - Disco de disco de 55 furos para a cultura da soja de 4,0 mm e fileira simples utilizado para a distribuição de sementes de soja, através das esteiras simuladoras de bancada**



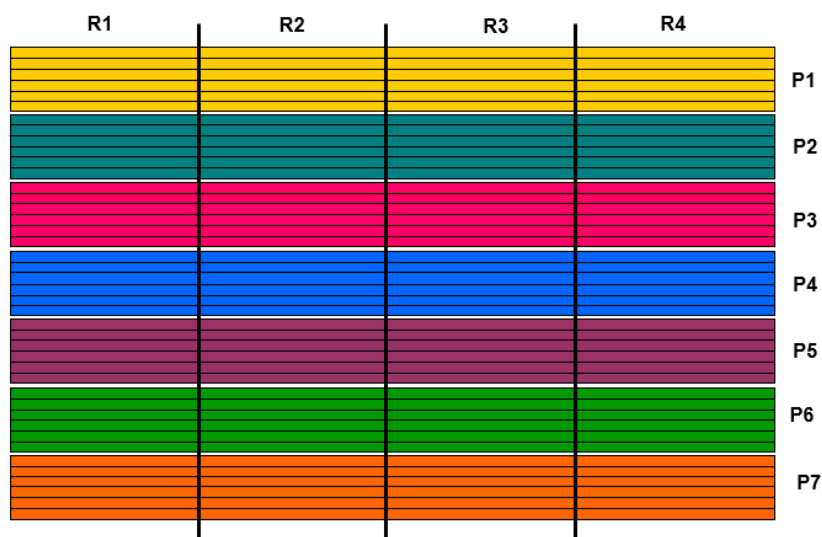
**Figura 3 - Aplicativo GPD para análise da distribuição longitudinal de sementes na simuladora de bancada, identificando falhas, duplas e espaçamentos**



### 3.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em faixas. Para a semeadura foi utilizado uma semeadora com sistema de distribuição vertical (sistema pneumático da marca Jumil®<sup>1</sup>

**Figura 4 - Croqui delineamento experimental**



#### LEGENDA

##### Níveis de retenção de peneiras em sementes de soja

- P1= 100% 6,0mm e 0% 5,5mm
- P2= 95% 6,0mm e 5% 5,5mm
- P3= 90% 6,0mm e 10% 5,5mm
- P4= 85% 6,0mm e 15% 5,5mm
- P5= 80% 6,0mm e 20% 5,5mm
- P6= 75% 6,0mm e 25% 5,5mm
- P7= 100% 6,0mm e 0% 5,5mm

- R1-** Repetição 1
- R2-** Repetição 2
- R3-** Repetição 3
- R4-** Repetição 4

### 3.4 Testes Utilizados para a avaliação da qualidade

#### 3.4.1 Peso hectolitro

A determinação do peso hectolitro foi realizada conforme metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). O objetivo é avaliar

a massa específica aparente das sementes de soja, expressa em quilogramas por hectolitro ( $\text{kg hL}^{-1}$ ).

O equipamento utilizado consistiu em um conjunto formado por funil metálico com guilhotina, suporte e copo medidor com volume interno de 1 litro (L). O procedimento iniciou-se com o fechamento da guilhotina e o posicionamento do copo medidor sob o funil. Em seguida, o compartimento superior foi preenchido com a amostra de sementes, de forma a garantir a completa ocupação do funil (Figura 5).

A guilhotina foi então aberta rapidamente, permitindo o escoamento livre das sementes por gravidade até o preenchimento total do copo medidor, sem compactação manual. O excesso de sementes que ultrapassou a borda do copo foi removido com o auxílio de uma régua metálica, mantendo o volume exato de 1 L. O recipiente contendo as sementes foi pesado em balança de precisão (0,01 g), e o peso do recipiente vazio foi descontado.

O resultado foi expresso em quilogramas por hectolitro ( $\text{kg hL}^{-1}$ ), utilizando-se a seguinte relação:

$$\text{PH} = \text{kg/hL} = \frac{\text{massa do grão (kg)}}{\text{volume (L)}} \times 100$$

onde:

PH = peso hectolitro ( $\text{kg hL}^{-1}$ );

Peso (g) = massa das sementes contidas no copo de 1 L.

**Figura 5 - Equipamento para determinação do peso hectolitro de sementes de soja**



#### 3.4.2 Determinação do teor de água

A determinação do teor de água da semente, foi feita pelo método de estufa estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, utilizando duas repetições de 25 sementes por tratamento. A amostra é caracterizada pela perda de peso das sementes, a água contida nas sementes é retirada em forma de vapor pela utilização de calor em condições controladas (Brasil, 2009) e seu resultado é expresso em porcentagem.

#### 3.4.3 Teste de hipoclorito de sódio

O teste de hipoclorito de sódio foi conduzido segundo a metodologia atualizada de Krzyzanowski et al. (2023), utilizando quatro repetições de 100 sementes por tratamento. As sementes foram imersas por 10 minutos em solução de hipoclorito de sódio preparada a partir de produto comercial com 5,25% de cloro ativo. Após a imersão, o excesso da solução foi eliminado e as sementes foram distribuídas sobre papel toalha para avaliação da presença de intumescimento, fissuras ou ruptura do tegumento. As sementes que apresentaram essas características foram consideradas danificadas, e os resultados foram expressos em porcentagem. Adotou-se o limite de até 10% como nível aceitável de dano mecânico, conforme recomendação de Krzyzanowski et al. (2023).

### 3.4.4 Teste de Tetrazólio

A avaliação da qualidade física (danos mecânicos) e fisiológica (vigor e viabilidade) das sementes de soja foi realizada por meio do teste de tetrazólio. Para a análise, foram utilizadas duas repetições de 50 sementes para cada tratamento. Inicialmente, as sementes foram pré-umidecida em rolos de papel germitest embebidos em água destilada e mantidas em câmara de germinação a 25°C, no escuro, por 16 horas. Em seguida, foram imersas em solução de 2,3,5-trifenil-cloreto de tetrazólio a 0,075% em copos plásticos e submetidas a incubação em câmara de germinação a 40°C, no escuro, por três horas.

Após o período de coloração, as sementes foram lavadas em água corrente e avaliadas individualmente. Cada semente foi seccionada longitudinalmente ao longo do eixo embrionário com auxílio de um bisturi. A classificação do vigor foi realizada com o auxílio de uma lupa estereoscópica, seguindo os critérios estabelecidos no Quadro 3, e a viabilidade e níveis de vigor das sementes foram determinados a partir dos padrões de coloração. A identificação dos danos mecânicos foi realizada com base nas características visuais da coloração dos tecidos. O procedimento seguiu as diretrizes metodológicas estabelecidas para o teste de tetrazólio em soja, conforme França-Neto e Krzyzanowski (2022).

**Quadro 3- Descrição dos níveis de vigor em sementes de soja pelo teste de Tetrazólio.**

| Nível        | Vigor      |
|--------------|------------|
| $\geq 90 \%$ | Muito alto |
| 85 a 89 %    | Alto       |
| 75 a 84 %    | Médio      |
| $\leq 74 \%$ | Baixo      |

Fonte: FRANÇA-NETO E KRZYZANOWSKI.: Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja

**Fonte do modelo:** França-Neto e Krzyzanowski, 2022.

#### 3.4.5 Teste de Germinação

O teste de germinação foi realizado seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (Krzyzanowski *et al.*, 2020). Em cada tratamento, utilizaram-se quatro repetições compostas por 50 sementes. As sementes foram distribuídas sobre folhas de papel germitest previamente umedecidas com volume de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato.

Posteriormente os papéis foram enrolados, acondicionados em sacos de plástico e colocados verticalmente no interior de germinador regulado a 25 °C. A contagem foi efetuada no oitavo dia após a instalação do teste. Consideraram-se como plântulas normais aquelas que apresentaram desenvolvimento adequado das estruturas essenciais, incluindo cotilédones, plúmula, hipocótilo e raiz primária. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

#### 3.4.6 Teste de Comprimento de plântula

O teste de comprimento de plântula avalia efeitos de deterioração e envelhecimento das sementes, danos mecânicos causados por insetos sugadores, diferenças genéticas e varietais, além de possível fitotoxidade causada por produtos químicos. Neste teste determina-se o comprimento médio das plântulas normais ou de um de seus componentes (raiz primária, hipocótilo e epicótilo), quando postas a germinar em condições controladas (Embrapa, 2020).

Para a realização do teste, seguiram-se os procedimentos descritos por Nakagawa (1999), com adaptações de Krzyzanowski (1991). Cada tratamento foi conduzido com quatro repetições de 20 sementes, posicionadas no terço superior do papel tipo Germitest, umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca. Em seguida, o papel foi enrolado e acondicionado em sacos plásticos, que foram dispostos verticalmente no germinador, mantido a 25 °C e na ausência de luz. O período de avaliação foi de oito dias. Ao final desse período, foram mensurados os comprimentos médios da parte aérea e da raiz primária das plântulas normais, expressos em centímetros.

Posteriormente, foi realizada a avaliação da massa seca das plântulas. A parte aérea e o sistema radicular foram separados, e o material identificado foi levado para uma estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C por 72 horas. Após esse período, o material foi pesado, resultando no peso médio, em gramas (g), da massa de matéria seca (Nakagawa, 1999).

3.5 Segunda etapa- Semeadura a campo das sementes de soja e avaliação da distribuição das sementes no sulco e da sua qualidade física e fisiológica após a semeadura

### 3.6 Descrição da área

Os experimentos foram realizados em duas safras agrícolas, 2023/24 e 2024/25, em área conduzida sob sistema de plantio direto, com cobertura de aveia-preta, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico, de textura argilosa, profundo e de característica ácida, conforme classificação da Embrapa (2006). Previamente à instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solo para a realização da análise química, conduzida pelo Departamento de Solos e Recursos Ambientais (FCA/UNESP). Os resultados das avaliações encontram-se apresentados no Quadro 4.

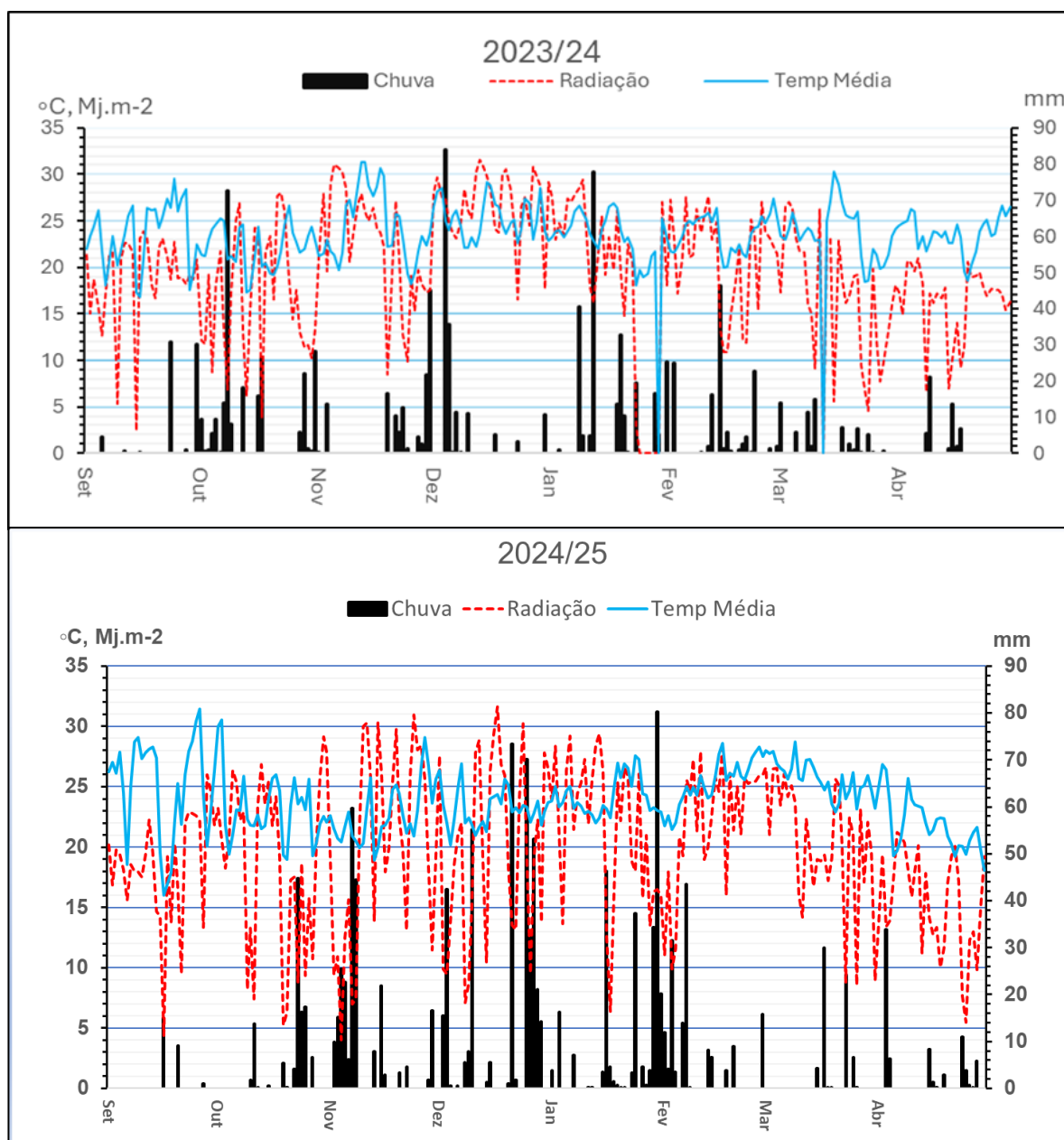
Para a semeadura do experimento, foi realizada a adubação de base a uma profundidade de 0,10 m, com a aplicação de 350 kg.ha<sup>-1</sup> de fertilizante formulado 02-20-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, conforme a recomendação baseada na análise de solo.

**Quadro 4 - Características químicas do solo para as duas safras de experimentos**

| Ano  | Profundidade (cm) | Al <sup>3+</sup>  | H+Al               | K                                  | Ca    | Mg                  | SB    | CTC   | V     |
|------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|-------|---------------------|-------|-------|-------|
|      |                   | -----             | -----              | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | ----- | -----               | ----- | ----- | %     |
| 2023 | 0-20              | 0                 | 32                 | 3,6                                | 42    | 19                  | 65    | 97    | 67    |
|      | 20-40             | 0                 | 31                 | 3,3                                | 38    | 18                  | 60    | 90    | 66    |
|      | Profundidade (cm) | pH                | M.O.               | Presina                            | B     | Cu                  | Fe    | Mn    | Zn    |
|      |                   | CaCl <sub>2</sub> | g dm <sup>-3</sup> | -----                              | ----- | mg dm <sup>-3</sup> | ----- | ----- | ----- |
|      | 0-20              | 5,3               | 34                 | 38                                 | 0,38  | 8,5                 | 34    | 65,1  | 3,8   |
|      | 20-40             | 5,2               | 28                 | 24                                 | 0,39  | 7,4                 | 28    | 49,4  | 2,4   |
| Ano  | Profundidade (cm) | Al <sup>3+</sup>  | H+Al               | K                                  | Ca    | Mg                  | SB    | CTC   | V     |
|      |                   | -----             | -----              | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | ----- | -----               | ----- | ----- | %     |
| 2024 | 0-20              | 0                 | 33                 | 4,6                                | 45    | 17                  | 65    | 98    | 69    |
|      | Profundidade (cm) | pH                | M.O.               | Presina                            | B     | Cu                  | Fe    | Mn    | Zn    |
|      |                   | CaCl <sub>2</sub> | g dm <sup>-3</sup> | -----                              | ----- | mg dm <sup>-3</sup> | ----- | ----- | ----- |
|      | 0-20              | 5,0               | 31                 | 42                                 | 0,37  | 9,8                 | 46    | 63,1  | 3,2   |

As informações climáticas de precipitação, temperatura do ar e radiação solar global, registradas durante o período experimental, encontram-se apresentadas na Figura 6. Esses dados foram obtidos a partir da estação meteorológica pertencente ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais (FCA/UNESP).

**Figura 6 - Dados climáticos diários das safras 2023/24 e 2024/25, Botucatu**



### 3.6.1 Massa seca vegetal

A quantificação da cobertura de palha nas parcelas foi realizada conforme o método descrito por Laflen *et al.* (1981). Para isso, utilizou-se um cordão de 15 metros contendo 100 pontos marcados a cada 15 cm. Procedeu-se à contagem dos pontos que estavam posicionados sobre áreas com presença de palhada. A

avaliação foi realizada duas vezes, em direções diagonais opostas, formando um traçado em “X”. A média das duas leituras foi utilizada para determinar a porcentagem de cobertura do solo pela palha.

### 3.7 Semeadura a campo

A operação foi conduzida com uma semeadora de precisão (marca Jumil, modelo Exacta 2980 PD – Plantio Direto), equipada com sete linhas espaçadas a 0,50 m, dosador de adubo do tipo helicoidal, sulcador de adubo com disco duplo e sistema pneumático para deposição das sementes. A tração foi realizada por um trator John Deere, modelo 6115j (4 × 2 TDA – Tração Dianteira Auxiliar), com potência nominal de 84,5 kW (115 cv). A população utilizada foi de 15 sementes por metro linear, resultando em um estande final de 300.000 plantas por hectare. Antes da semeadura, as sementes foram tratadas de forma on-farm com o auxílio de uma betoneira, foi utilizado o produto comercial Standak® Top UBS, uma suspensão concentrada (FS) composta por três ingredientes ativos: piraclostrobina (25 g.L<sup>-1</sup>), fungicida de ação protetora; tiofanato-metílico (225 g.L<sup>-1</sup>), fungicida sistêmico; e fipronil (250 g.L<sup>-1</sup>), inseticida de contato e ingestão. Após o tratamento inicial com fungicida e inseticida, as sementes foram inoculadas com o produto comercial Biomax® 10, um inoculante líquido contendo estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (Semia 5079 e Semia 5080). A inoculação foi realizada conforme a recomendação do fabricante, utilizando-se 100 ml do produto para cada 50 kg de sementes. Em seguida, foram pesados 1 kg das sementes tratadas e inoculadas, os quais foram adicionados nas linhas 1 a 6. Na linha 7, foi colocado 1 kg de sementes sem tratamento, destinado às coletas para análises de qualidade das sementes. Para a coleta, foi realizada uma vedação no tubo condutor de sementes.

#### 3.7.1 Avaliação da distribuição das sementes no sulco

Após a semeadura, foi realizada a avaliação da distribuição espacial das sementes no sulco, utilizando-se quatro linhas centrais com 5 metros de comprimento cada. Nessa etapa, quantificaram-se as ocorrências de duplas e

falhas na emergência das plantas, com o auxílio do aplicativo GPD, e os resultados foram expressos em porcentagem. Além disso, procedeu-se à análise da qualidade física e fisiológica das sementes coletadas, por meio dos mesmos testes adotados na etapa laboratorial.

O monitoramento da área semeada foi realizado diariamente para avaliar o índice de velocidade de emergência. Assim que surgiram as primeiras plântulas, iniciou-se a contagem do número de plântulas emergidas a cada 24 horas, considerando como emergidas aquelas que apresentavam os cotilédones acima da superfície do solo. Esse acompanhamento foi mantido até que a emergência e o estado de plântulas se estabilizassem, conforme metodologia descrita por Nakagawa (1994).

O cálculo do índice de velocidade de emergência (IVEm) foi realizado com base em avaliações feitas em um trecho de 5 metros das duas linhas centrais de semeadura em cada parcela experimental. Para obter os valores de IVEm, utilizou-se a Equação 1, desenvolvida por Maguire (1962):

$$IVEm = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \frac{G3}{N3} + \dots$$

Em que IVEm corresponde ao índice de velocidade de emergência; G1, G2, ..., Gn, indicam o número de plântulas emergidas em cada dia de avaliação; e N1, N2, ..., Nn representam o número de dias transcorridos entre a semeadura e a última contagem.

### 3.7.2 Condução e Monitoramento do Experimento

Foi realizado a adubação de cobertura com 40 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (KCl) após 35 dias da semeadura, conforme a recomendação baseada na análise de solo apresentada no Quadro 2. O controle fitossanitário foi realizado conforme avaliações a campo. As pulverizações foram feitas com pulverizador (marca Jacto, modelo Condor) com capacidade de 600 litros e equipado com uma barra de 12 metros com 25 bicos espaçados de 0,50 m entre si, pontas do tipo jato

plano (marca Teejet, modelo XR 11003VS), com pressão de 50 psi, acoplado em trator (marca Massey Ferguson, modelo 296) com 80,9 kW (110 cv) de potência no motor. Após 30 dias da semeadura foi aplicado o herbicida de princípio ativo glyphosate (produto comercial Roundup WG), na dose de 2,5 kg por hectare de produto comercial + herbicida Clethodim 500 ml por hectare com volume de calda de 150 L por hectare para controle de *Raphanus raphanistrum* L. (nabiça) e *Commelina benghalensis* (trapoeraba). Foram realizadas duas aplicações foliares de nutrientes contendo potássio (K) e cobre (Cu), utilizando o produto comercial Kellus Copper, na dosagem de 70 g/ha, nos estádios fenológicos V5 e V8, conforme as recomendações do fabricante.

Foram realizadas duas aplicações foliares para o controle de pragas e doenças na soja. A primeira aplicação foi realizada com Talismã® (600 ml/ha<sup>-1</sup>), inseticida de contato e ingestão, utilizado para o controle do percevejo-marrom (*Euschistus heros*) e da lagarta-armigera (*Spodoptera frugiperda*) + Orkestra® SC (350 ml/ha<sup>-1</sup>), fungicida sistêmico com duplo mecanismo de ação, utilizado para o controle do oídio (*Microsphaera diffusa*). Exalt® (100 ml/há<sup>-1</sup>), inseticida não sistêmico de origem biológica, utilizado para o controle da lagarta-armigera (*Spodoptera frugiperda*).

Para a segunda aplicação de controle foi utilizado Priori® (300 ml/ha<sup>-1</sup>), fungicida sistêmico, utilizado para o controle do míldio (*Peronospora manshurica*) e da cercospora (*Cercospora kikuchii*) + Talismã® (600 ml/há<sup>-1</sup>), reaplicação do inseticida para o controle do percevejo-marrom (*Euschistus heros*) e do percevejo-verde (*Nezara viridula*) + Bolt® (900 ml/ha<sup>-1</sup>), inseticida de contato e ingestão, utilizado para o controle da vaquinha (*Ceratoma arcuatum*).

As aplicações foram realizadas com volume de calda de 200 L/ha<sup>-1</sup>, conforme as recomendações dos fabricantes dos produtos mencionados.

### 3.7.3 Produtividade

Durante a colheita, foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas para quantificação das seguintes variáveis: número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (NG) e produtividade média, expressa em kg ha<sup>-1</sup>. O peso de mil sementes (PMS) foi determinado conforme a metodologia descrita por Brasil

(2009). As plantas colhidas manualmente foram transportadas ao laboratório de plantabilidade do Grupo de Plantio Direto (GPD) para a realização das análises subsequentes.

Nas mesmas plantas, foram conduzidas as avaliações morfológicas, incluindo a medição do diâmetro da haste principal, realizada aproximadamente a 0,05 m acima do solo, utilizando-se um paquímetro digital. A altura de inserção da primeira vagem foi determinada medindo-se a distância da base da haste principal até o ponto de inserção da primeira vagem, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. A altura total da planta foi obtida por meio da medição da distância entre a base da haste principal e o ápice da planta, também utilizando-se uma régua graduada.

Posteriormente, procedeu-se à quantificação reprodutiva das plantas. O número de vagens por planta foi obtido após a retirada completa das vagens. Para a contagem de grãos por vagem, as vagens foram classificadas em grupos conforme o número de grãos presentes (sem grãos, com 1, 2, 3 e 4 grãos), sendo os resultados expressos em porcentagem. O número total de grãos por planta foi calculado a partir da soma dos grãos contidos em todas as vagens.

A população de plantas foi determinada por meio da contagem das plantas presentes na área útil de cada parcela experimental, sendo o valor extrapolado para expressar o número de plantas por hectare. Para a determinação da massa de mil grãos, foram realizadas oito repetições de 100 grãos provenientes de cada parcela experimental. O teor de água dos grãos foi previamente aferido e corrigido para 13%, e as pesagens foram realizadas em balança eletrônica com precisão de 0,01 g. A partir dos valores obtidos, foram calculados a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Como o coeficiente de variação não excedeu 6%, o peso médio das oito repetições foi multiplicado por 10 para o cálculo da massa de mil grãos, conforme metodologia estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009).

Por fim, após a contagem da população de plantas, procedeu-se à debulha das amostras manualmente, e os grãos foram pesados em balança eletrônica com precisão de 0,01 g. A produtividade foi calculada com base na massa de grãos obtidos na área útil da parcela, corrigida para um teor de água de 13%, sendo os resultados expressos em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

### 3.8 Análise estatística

Para a análise estatística foi realizado a comparação entre as médias dos tratamentos pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR. E apresentado em gráficos através da correlação linear de Pearson (Ferreira, 2018).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de todas as variáveis analisadas são apresentados na forma de comparação de médias, em tabelas e gráficos, utilizando-se a correlação de Pearson para a avaliação das relações entre os parâmetros estudados.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de peso hectolitro das sementes com diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, medidos antes do início dos testes, tanto no simulador de bancada quanto em campo, nas safras de 2024 e 2025.

Na safra de 2024, os valores de peso hectolitro apresentaram-se estáveis entre os tratamentos, variando de 103,28 a 104,50 kg hL<sup>-1</sup>, sem diferenças estatisticamente significativas pelo teste Tukey a 5%. Esse resultado indica que, antes do início dos experimentos, a variação na proporção de sementes retidas nas peneiras não afetou significativamente a densidade das sementes.

Por outro lado, na safra de 2025 o tratamento com maior proporção de sementes retidas na peneira de 6,0 mm (T1) apresentou o maior valor de peso hectolitro, indicando que sementes maiores e mais uniformes se acomodam melhor, resultando em maior densidade.

**Tabela 1 - Valores médios de peso hectolitro das sementes de soja submetidas a diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, coletadas no simulador de bancada, nas safras de 2024 e 2025**

| Peso hectolitro (kg hL <sup>-1</sup> ) |       |       |          |           |
|----------------------------------------|-------|-------|----------|-----------|
| Níveis de retenção                     |       |       | Safras   |           |
|                                        | 6,0mm | 5,5mm | 2024     | 2025      |
| T1                                     | 100%  | 0%    | 104,40 A | 105,70 A  |
| T2                                     | 95%   | 5%    | 104,50 A | 105,40 AB |
| T3                                     | 90%   | 10%   | 104,45 A | 105,35 AB |
| T4                                     | 85%   | 15%   | 103,25 A | 105,35 AB |
| T5                                     | 80%   | 20%   | 104,30 A | 105,20 B  |
| T6                                     | 75%   | 25%   | 103,65 A | 104,60 C  |
| T7                                     | 70%   | 30%   | 103,28 A | 104,35C   |
| Média geral                            |       |       | 103,95   | 104,94    |
| Cv (%)                                 |       |       | 0,52     | 0,55      |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Esses resultados corroboram estudos que destacam a relação entre o tamanho das sementes e sua qualidade física. Segundo Pádua *et al.* (2010), sementes maiores geralmente apresentam maior peso hectolitro, o que está associado a melhor qualidade física e potencial fisiológico.

Além disso, a classificação das sementes por tamanho é uma prática comum para melhorar a uniformidade e a qualidade do lote, como evidenciado por França-Neto *et al.* (2005), que observaram que sementes maiores retidas em peneiras de 6,0mm apresentaram menor porcentagem de sementes esverdeadas, indicando melhor qualidade física.

A Tabela 2 apresenta os valores médios de teor de água das sementes de soja com diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, medidos no simulador de bancada e após a semeadura em campo, nas safras de 2024 e 2025.

**Tabela 2 - Valores médios do teor de água das sementes de soja submetidas a diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, coletadas no simulador de bancada, nas safras de 2024 e 2025**

|                    |       |       | Teor de água (%)     |         |                    |           |
|--------------------|-------|-------|----------------------|---------|--------------------|-----------|
|                    |       |       | Simulador de bancada |         | Semeadura em campo |           |
| Níveis de retenção |       |       | Safr                 |         | Safr               |           |
|                    | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025    | 2024               | 2025      |
| T1                 | 100%  | 0%    | 10,46 A              | 12,89 A | 10,33 A            | 12,37 AB  |
| T2                 | 95%   | 5%    | 10,04 A              | 12,75 A | 10,03 AB           | 12,61 A   |
| T3                 | 90%   | 10%   | 10,97 A              | 12,55 A | 10,08 AB           | 12,14 ABC |
| T4                 | 85%   | 15%   | 10,42 A              | 12,68 A | 9,63 D             | 11,84 ABC |
| T5                 | 80%   | 20%   | 10,93 A              | 12,39 A | 9,69 CD            | 12,18 ABC |
| T6                 | 75%   | 25%   | 10,84 A              | 12,49 A | 9,98 BC            | 11,05 CD  |
| T7                 | 70%   | 30%   | 10,68 A              | 12,50 A | 9,64 D             | 10,79 D   |
| Média geral        |       |       | 10,62                | 10,61   | 9,91               | 10,51     |
| Cv (%)             |       |       | 2,73                 | 1,60    | 2,68               | 0,99      |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

No simulador de bancada, os teores de água das sementes tanto para safra 2024 e 2025, não houve diferenças estatísticas significativas pelo teste Tukey a 5%. Esses resultados indicam que a proporção de sementes retidas nas peneiras não influenciou significativamente o conteúdo hídrico inicial das sementes em simulador de bancada, corroborando estudos que apontam que o teor de água é

determinado principalmente pelo ambiente de armazenamento e pela maturação das sementes, e não pelo tamanho das mesmas (Moura *et al.*, 2018).

Após a semeadura em campo, realizada em sistema de plantio direto, observou-se maior variação no teor de água na safra de 2024, que oscilou entre 9,63 e 10,33%, com diferenças estatísticas significativas entre alguns tratamentos. Essa maior variabilidade pode estar associada à baixa disponibilidade hídrica observada nessa safra, caracterizada por escassez de chuvas, o que provavelmente afetou o teor de água das sementes, reforçando que condições ambientais desempenham papel crucial na qualidade final da semente.

Os tratamentos com maior proporção de sementes menores (T4, e T7) apresentaram menor teor de água (9,63 e 9,64%).

Na safra de 2025, o teor de água das sementes apresentou valores com diferenças estatísticas significativas. O tratamento T2 apresentou o maior teor de água (12,61%), enquanto o T7 apresentou o menor (10,79%). Em condições controladas como no simulador de bancada, o tamanho não influenciou o teor de água, no entanto em condições a campo, a semente interage com o ambiente, especialmente sob estresse hídrico o que pode resultar em diferenças no teor de água final.

Essa diferença é relevante, pois o teor de água adequado é um fator crítico para a integridade física da semente, interferindo diretamente na sua suscetibilidade à quebra. Sementes com teor de água muito baixo, quando submetidas a forças de impacto comuns nos processos de semeadura e colheita mecanizada, apresentam maior probabilidade de sofrer danos mecânicos, o que pode comprometer a germinação e o vigor, afetando a porcentagem final de sementes danificadas (Carvalho *et al.*, 2012). Assim, a variação no teor de água observada entre os tratamentos e safras não apenas reflete o efeito do tamanho das sementes e das condições ambientais, mas também pode influenciar diretamente a qualidade física e fisiológica das sementes de soja.

Na tabela 3 estão apresentados os resultados para a porcentagem de sementes danificadas, após o teste de hipoclorito de sódio.

**Tabela 3 - Valores médios de danificação das sementes de soja (%) no teste de hipoclorito de sódio, em diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, coletadas no simulador de bancada e após a semeadura em campo, nas safras de 2024 e 2025.**

| Hipoclorito de sódio (% danificação) |       |       |                      |        |                    |         |
|--------------------------------------|-------|-------|----------------------|--------|--------------------|---------|
|                                      |       |       | Simulador de bancada |        | Semeadura em campo |         |
| Níveis de retenção                   |       |       | Safr                 |        | Safr               |         |
|                                      | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025   | 2024               | 2025    |
| T1                                   | 100%  | 0%    | 4,00 A               | 6,50 A | 9,00 AB            | 7,00 B  |
| T2                                   | 95%   | 5%    | 6,00 A               | 6,00 A | 6,00 B             | 6,50 B  |
| T3                                   | 90%   | 10%   | 5,50 A               | 6,50 A | 8,00 AB            | 8,50 AB |
| T4                                   | 85%   | 15%   | 6,50 A               | 6,50 A | 7,00 AB            | 8,00 AB |
| T5                                   | 80%   | 20%   | 6,25 A               | 8,00 A | 8,50 AB            | 9,00 AB |
| T6                                   | 75%   | 25%   | 9,00 A               | 7,50 A | 10,50 A            | 9,00 AB |
| T7                                   | 70%   | 30%   | 9,50 A               | 9,00 A | 9,50 AB            | 10,00 A |
| Média geral                          |       |       | 6,68                 | 7,14   | 8,36               | 8,50    |
| Cv (%)                               |       |       | 29,80                | 14,40  | 18,08              | 16,83   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

No simulador de bancada, os níveis de danificação foram relativamente baixos e homogêneos entre os tratamentos, variando de 4,00 a 9,50% na safra de 2024 e de 6,00 a 9,00% na safra de 2025, sem diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey a 5%. Esses resultados indicam que as diferentes proporções de sementes retidas nas peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm não influenciaram expressivamente a integridade física das sementes antes da semeadura. Segundo França-Neto *et al.* (2016), a ocorrência de danos mecânicos tende a ser reduzida quando o teor de água das sementes se mantém dentro da faixa ideal de 10% a 12%, pois há maior elasticidade do tegumento e menor suscetibilidade à ruptura durante o manuseio.

Após a semeadura em campo, observou-se um aumento nos percentuais de danificação das sementes. Na safra de 2024, os valores variaram de 6,00 % no T2, que apresentou a menor ocorrência de danos, até 10,50 % no T6, com a maior danificação. Já na safra de 2025, T1 (6,00%) e T2 (7,50%), registraram os menores percentuais de danificação, enquanto T7 (10,00%) apresentou a maior. De acordo com a Embrapa (2021), se o porcentual de sementes com microfissuras for superior a 10%, a semente está muito danificada, pois deve-se considerar que quando a amostra apresenta esse índice ou maior, ela tem também um alto índice

de dano mecânico aparente. Esse aumento é esperado, uma vez que as sementes ficam expostas a impactos mecânicos durante a distribuição e deposição no solo. Peske *et al.* (2019) destacam que as vibrações e a pressão exercidas pelos mecanismos de semeadora podem intensificar os danos físicos, especialmente em sementes de menor tamanho ou com teor de umidade reduzido. Segundo Marcos-Filho (2015), a espessura do tegumento e o teor de água da semente interferem na resistência ao impacto, sendo que sementes com baixo teor de água tendem a apresentar maior fragilidade mecânica, o que pode ser explicado pela Tabela 2, na qual os tratamentos com maior proporção de sementes de menor tamanho apresentaram menores teores de água, o que possivelmente contribuiu para o aumento da suscetibilidade a danos mecânicos após a semeadura.

Os resultados de dano mecânico das sementes, avaliados pelo teste de tetrazólio considerando as classes 1 a 8 (Tabela 4), indicaram que, nas safras de 2024 e 2025, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos no simulador de bancada, evidenciando que a variação na proporção de sementes retidas na peneira de 5,5 mm não influenciou significativamente a ocorrência de danos sob condições controladas.

Na semeadura em campo, entretanto, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em ambas as safras. Em 2024, o maior percentual de dano foi registrado no T5 (39%), diferindo estatisticamente do T4 (17%), que apresentou o menor valor. Em 2025, o T5 (32%) novamente apresentou maior dano, diferindo de T2 (10%), que registrou o menor percentual. Esses resultados evidenciam que os efeitos dos níveis de retenção tornam-se mais pronunciados em condições reais de operação.

**Tabela 4 - Valores médios do teste de tetrazólio em sementes de soja, avaliando dano mecânico nas classes de 1 a 8, em diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, coletadas no simulador de bancada, nas safras de 2024 e 2025.**

| Dano mecânico, classe 1 a 8 (%) |       |       |                      |       |                    |        |
|---------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|--------------------|--------|
|                                 |       |       | Simulador de bancada |       | Semeadura em campo |        |
| Níveis de retenção              |       |       | Safr                 |       | Safr               |        |
|                                 | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025  | 2024               | 2025   |
| T1                              | 100%  | 0%    | 25 A                 | 18 A  | 26 BC              | 15 C   |
| T2                              | 95%   | 5%    | 20 A                 | 17 A  | 31 ABC             | 10 C   |
| T3                              | 90%   | 10%   | 26 A                 | 15 A  | 30 ABC             | 21 ABC |
| T4                              | 85%   | 15%   | 19 A                 | 14 A  | 17 C               | 19 BC  |
| T5                              | 80%   | 20%   | 25 A                 | 15 A  | 39 A               | 32 A   |
| T6                              | 75%   | 25%   | 21 A                 | 19 A  | 24 BC              | 27 AB  |
| T7                              | 70%   | 30%   | 23 A                 | 16 A  | 35 AB              | 24 ABC |
| Média geral                     |       |       | 23,04                | 16,32 | 28,86              | 21,11  |
| Cv (%)                          |       |       | 21,20                | 13,70 | 17,31              | 28,48  |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Essa tendência indica que a redução da proporção de sementes retidas em peneira de 6,0 mm, com consequente aumento da fração de sementes menores (5,5 mm), aumenta o risco de dano mecânico, provavelmente em decorrência da menor espessura do tegumento e da maior suscetibilidade à ruptura durante o manuseio e deposição (Peske; Villela; Meneghello, 2019). Resultados semelhantes foram relatados por Costa et al. (2023), os quais observaram aumento expressivo do dano mecânico em lotes de soja com maior proporção de sementes pequenas e com menor massa individual. Assim, os resultados demonstram que o efeito do tamanho das sementes sobre o dano mecânico, avaliado pelo teste de tetrazólio (classes 1 a 8), torna-se mais evidente em condições reais de semeadura, reforçando a importância da padronização do lote quanto à classificação por peneiras como estratégia para reduzir danos físicos durante a implantação da cultura.

A análise dos resultados da Tabela 5, revela que os tratamentos de retenção de peneiras também influenciam significativamente a viabilidade das sementes de soja, tanto no simulador de bancada quanto na semeadura em campo, indicando que os efeitos do tamanho das sementes não se restringem apenas ao dano mecânico.

**Tabela 5 - Valores médios de viabilidade (%) das sementes de soja em diferentes níveis de retenção através do teste de tetrazólio, avaliadas após a passagem no simulador de bancada e semeadura em campo nas safras de 2024 e 2025.**

|                    |       |       | Viabilidade (%)      |       |                    |       |
|--------------------|-------|-------|----------------------|-------|--------------------|-------|
|                    |       |       | Simulador de bancada |       | Semeadura em campo |       |
| Níveis de retenção |       |       | Safr                 |       | Safr               |       |
|                    | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025  | 2024               | 2025  |
| T1                 | 100%  | 0%    | 95 A                 | 94 A  | 92 A               | 95 A  |
| T2                 | 95%   | 5%    | 92 AB                | 94 A  | 90 A               | 96 A  |
| T3                 | 90%   | 10%   | 95 A                 | 93 AB | 93 A               | 93 AB |
| T4                 | 85%   | 15%   | 90 B                 | 92 B  | 90 A               | 90 B  |
| T5                 | 80%   | 20%   | 92 AB                | 94 A  | 91 A               | 91 AB |
| T6                 | 75%   | 25%   | 93 AB                | 94 A  | 92 A               | 90 B  |
| T7                 | 70%   | 30%   | 93 AB                | 93 AB | 91 A               | 90 B  |
| Média geral        |       |       | 92,86                | 93,41 | 91,29              | 92,14 |
| Cv (%)             |       |       | 1,91                 | 1,01  | 1,22               | 2,34  |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

De acordo com a literatura, sementes classificadas em peneiras de maior diâmetro tendem a apresentar melhor qualidade fisiológica, o que pode explicar os elevados percentuais de viabilidade observados nos tratamentos com maior retenção na peneira de 6,0 mm. No simulador de bancada, destacaram-se, na safra de 2024, os tratamentos T1 e T3, enquanto na safra de 2025 os maiores valores de viabilidade foram verificados em T1, T2, T5 e T6.

Na semeadura em campo, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos na safra de 2024. Entretanto, na safra de 2025 houve diferença significativa, sendo que os tratamentos T1 e T2 apresentaram os maiores valores de viabilidade, enquanto os menores resultados foram observados em T4, T6 e T7. Esses resultados indicam que a maior proporção de sementes retidas em peneiras maiores está associada à manutenção da qualidade fisiológica, especialmente sob condições reais de semeadura.

Conforme destacado por Pádua (2010), sementes maiores, provenientes de peneiras de maior diâmetro, tendem a apresentar maiores porcentagens de germinação e vigor, em função da maior reserva de fotoassimilados e, possivelmente, de melhor integridade estrutural. Esses achados corroboram os resultados obtidos nos tratamentos com maior retenção na peneira de 6,0 mm,

reforçando a importância da classificação por tamanho como estratégia para preservação da qualidade fisiológica do lote.

Os resultados da Tabela 6 mostram que a germinação das sementes de soja foi pouco afetada pelos diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, tanto no simulador de bancada quanto durante a semeadura em campo.

**Tabela 6 - Valores médios da germinação (%) das sementes de soja submetidas a diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, coletadas no simulador de bancada, nas safras de 2024 e 2025**

|                    |       |       | Germinação (%)       |         |                    |         |
|--------------------|-------|-------|----------------------|---------|--------------------|---------|
|                    |       |       | Simulador de bancada |         | Semeadura em campo |         |
| Níveis de retenção |       |       | Safr                 |         | Safr               |         |
|                    | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025    | 2024               | 2025    |
| T1                 | 100%  | 0%    | 95,00 A              | 90,50 A | 92,00 A            | 90,00 A |
| T2                 | 95%   | 5%    | 94,00 A              | 89,00 A | 93,75 A            | 89,00 A |
| T3                 | 90%   | 10%   | 94,75 A              | 88,50 A | 94,25 A            | 88,00 A |
| T4                 | 85%   | 15%   | 94,00 A              | 89,00 A | 93,25 A            | 88,50 A |
| T5                 | 80%   | 20%   | 93,25 A              | 86,00 A | 92,25 A            | 86,00 A |
| T6                 | 75%   | 25%   | 93,00 A              | 86,50 A | 92,00 A            | 85,50 A |
| T7                 | 70%   | 30%   | 92,25 A              | 84,00 A | 92,25 A            | 84,00 A |
| Média geral        |       |       | 92,25                | 89,07   | 92,64              | 87,36   |
| Cv (%)             |       |       | 1,20                 | 2,67    | 1,35               | 3,05    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Para os percentuais de germinação, não foram observadas diferenças estatísticas significativas, tanto na avaliação realizada em simulador quanto na semeadura a campo. Esses resultados indicam que a maior ou menor proporção de sementes de menor diâmetro (5,5 mm) não comprometeu o potencial germinativo dos lotes avaliados. Segundo Silva *et al.* (2019), o monitoramento da germinação em diferentes classes de tamanho de sementes constitui uma ferramenta importante para avaliar a eficiência do processo de classificação mecânica e seus reflexos sobre a qualidade fisiológica. Essa prática é essencial para assegurar elevada produtividade no campo. Tais informações são fundamentais para orientar práticas de manejo de sementes, evitando perdas por baixa germinação e assegurando uniformidade na emergência das plântulas.

Na tabela 7 estão apresentados os valores médios de vigor das sementes de soja submetidas a diferentes níveis de retenção de peneiras.

**Tabela 7 - Valores médios de vigor (%) das sementes de soja submetidas a diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, avaliadas no simulador de bancada e na semeadura em campo nas safras de 2024 e 2025**

|                    |       |       | Vigor (%)            |       |                    |       |
|--------------------|-------|-------|----------------------|-------|--------------------|-------|
|                    |       |       | Simulador de bancada |       | Semeadura em campo |       |
| Níveis de retenção |       |       | Safr                 |       | Safr               |       |
|                    | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025  | 2024               | 2025  |
| T1                 | 100%  | 0%    | 88 A                 | 89 A  | 88 A               | 89 A  |
| T2                 | 95%   | 5%    | 89 A                 | 82 B  | 86 A               | 89 A  |
| T3                 | 90%   | 10%   | 88 A                 | 82 B  | 86 A               | 90 A  |
| T4                 | 85%   | 15%   | 84 B                 | 80 B  | 84 AB              | 86 AB |
| T5                 | 80%   | 20%   | 85 AB                | 81 B  | 84 AB              | 86 AB |
| T6                 | 75%   | 25%   | 85 AB                | 82 B  | 82 B               | 85 B  |
| T7                 | 70%   | 30%   | 86 AB                | 82 B  | 85 AB              | 84 B  |
| Média geral        |       |       | 86,43                | 82,57 | 84,71              | 87,00 |
| Cv (%)             |       |       | 2,26                 | 3,85  | 2,94               | 2,57  |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

No simulador de bancada, observa-se que, na safra de 2024, os tratamentos T1, T2 e T3, foram os tratamentos com maior porcentagem de vigor com 88 a 89% e menor porcentagem foi para o T4 com 84%, na safra 2025 a maior porcentagem de vigor foi para o T1 com 89% e o restante ficaram na faixa de 80 a 82% não diferiram estatisticamente entre si, apresentando elevados percentuais de vigor.

Em condições de campo, na safra de 2024, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram as maiores porcentagens de vigor, enquanto o menor valor foi observado no tratamento T6 (82%). Na safra de 2025, o mesmo padrão foi mantido, com T1, T2 e T3 apresentando os maiores valores de vigor, e os tratamentos T6 (85%) e T7 (84%) registrando os menores resultados. Esses dados indicam que misturas contendo até 15% de sementes provenientes da peneira de 5,5 mm não interferem significativamente no vigor, tanto no simulador de bancada quanto na semeadura em campo.

Conforme Marcos Filho, Kikuti e Lima (2009), os testes fisiológicos são sensíveis para identificar variações no desempenho das sementes, sendo o teste

de tetrazólio um dos métodos mais precisos para estimar o vigor, pois permite avaliar a integridade das membranas celulares, a viabilidade dos tecidos e a ocorrência de danos mecânicos. Essa abordagem é particularmente relevante para compreender a resposta fisiológica das sementes após o processo de semeadura, como observado neste estudo, em que pequenas variações no vigor podem estar associadas à composição física do lote e às diferenças de retenção em peneiras.

Segundo Krzyzanowski, Vieira e França-Neto (2020), o teste de tetrazólio é amplamente utilizado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja por permitir a detecção de danos mecânicos, deterioração por umidade e alterações no sistema radicular e no eixo embrionário. Assim, os resultados obtidos confirmam a eficiência desse método para distinguir diferenças sutis entre os tratamentos e reforçam a importância da padronização física por peneiras como estratégia para a uniformidade de tamanhos das sementes e manutenção do seu potencial fisiológico durante a semeadura.

Para o comprimento de plântula, considerando a parte aérea e a raiz (Tabela 8), observa-se que, no simulador de bancada, durante a safra de 2024, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, indicando que as diferentes proporções de sementes retidas nas peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm não afetaram o desenvolvimento inicial das plântulas nesse ambiente controlado.

**Tabela 8 - Valores médios dos resultados do teste de Qualidade Fisiológica para as sementes de soja (Teste de comprimento de plântulas parte aérea e raiz e Massa seca da parte aérea e raiz)**

|                    |       |       | Comprimento de plântula/parte aérea(cm) |         |                    |        |
|--------------------|-------|-------|-----------------------------------------|---------|--------------------|--------|
|                    |       |       | Simulador de bancada                    |         | Semeadura em campo |        |
| Níveis de retenção |       |       | Safrá                                   |         | Safrá              |        |
|                    | 6,0mm | 5,5mm | 2024                                    | 2025    | 2024               | 2025   |
| T1                 | 100%  | 0%    | 9,9 A                                   | 11,6 AB | 8,8 A              | 11,9 A |
| T2                 | 95%   | 5%    | 9,6 A                                   | 12,6 A  | 7,4 A              | 12,2 A |
| T3                 | 90%   | 10%   | 9,0 A                                   | 11,1 AB | 7,1 A              | 10,3 A |
| T4                 | 85%   | 15%   | 8,4 A                                   | 10,3 AB | 8,6 A              | 11,6 A |
| T5                 | 80%   | 20%   | 8,4 A                                   | 10,4 AB | 9,7 A              | 10,7 A |
| T6                 | 75%   | 25%   | 7,6 A                                   | 9,7 AB  | 8,4 A              | 9,7 AB |
| T7                 | 70%   | 30%   | 7,4 A                                   | 9,3 B   | 7,2 A              | 7,3 B  |
| Média geral        |       |       | 8,61                                    | 11,14   | 8,27               | 10,58  |
| Cv (%)             |       |       | 9,7                                     | 10,3    | 10,6               | 16,15  |

|                    |       |       | Comprimento de plântula/parte raiz (cm) |        |                    |         |
|--------------------|-------|-------|-----------------------------------------|--------|--------------------|---------|
|                    |       |       | Simulador de bancada                    |        | Semeadura em campo |         |
| Níveis de retenção |       |       | Safrá                                   |        | Safrá              |         |
|                    | 6,0mm | 5,5mm | 2024                                    | 2025   | 2024               | 2025    |
| T1                 | 100%  | 0%    | 18,7 A                                  | 13,3 A | 16,9 AB            | 15,1 AB |
| T2                 | 95%   | 5%    | 18,7 A                                  | 15,1 A | 18,7 A             | 17,1 A  |
| T3                 | 90%   | 10%   | 18,6 A                                  | 14,6 A | 18,9 A             | 14,7 AB |
| T4                 | 85%   | 15%   | 17,1 A                                  | 16,1 A | 18,2 A             | 13,9 AB |
| T5                 | 80%   | 20%   | 16,5 A                                  | 16,5 A | 16,5 AB            | 14,3 AB |
| T6                 | 75%   | 25%   | 16,1 A                                  | 17,9 A | 17,2 AB            | 12,9 B  |
| T7                 | 70%   | 30%   | 15,7 A                                  | 17,2 A | 15,8 B             | 13,3 B  |
| Média geral        |       |       | 17,73                                   | 15,73  | 17,13              | 14,62   |
| Cv (%)             |       |       | 7,4                                     | 11,3   | 6,54               | 11,03   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Já na safra de 2025, verificou-se diferença significativa para o comprimento da parte aérea, sendo o maior valor observado no tratamento T2 (12,6 cm) e o menor no T7 (9,3 cm). Essa diferença pode estar associada à maior proporção de sementes menores em T7, que tendem a apresentar menor reserva de cotilédones, limitando o alongamento da parte aérea (Vinhali-Freitas *et al.*, 2011; França-Neto *et al.*, 2021).

Em condições de campo, na safra de 2024, não houve diferença significativa para o comprimento da parte aérea entre os tratamentos; entretanto, para o comprimento de raiz, os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 apresentaram os

maiores valores e não diferiram estatisticamente entre si, enquanto o menor comprimento foi observado em T7 (15,8 cm). Na safra de 2025, observou-se que o maior comprimento de raiz foi obtido em T2 (17,1 cm) e o menor em T6 (12,9 cm), indicando que a redução no tamanho das sementes pode ter afetado o vigor e a capacidade de alongamento radicular sob condições de campo.

Esses resultados estão em concordância com estudos que demonstram que sementes de maior tamanho e integridade física tendem a originar plântulas mais longas e vigorosas, embora a magnitude dessas diferenças possa variar conforme o ambiente, a cultivar e as condições experimentais (Krzyzanowski et al., 2020; Marcos-Filho, 2015; Wang *et al.*, 2025; Matera *et al.*, 2019).

A análise da massa verde das plântulas (Tabela 9) mostrou que não houve diferença estatística entre os tratamentos no simulador de bancada nas safras de 2024 e 2025, bem como no campo durante a safra de 2024. Esses resultados indicam que as diferentes proporções de sementes retidas nas peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm não afetaram de forma significativa a biomassa inicial das plântulas em ambiente controlado.

**Tabela 9 - Valores médios de massa verde da parte aérea e raiz das plântulas de soja submetidas a diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, avaliadas no simulador de bancada e na semeadura em campo nas safras de 2024 e 2025**

| Massa verde parte aérea (g) |       |       |                      |        |                    |         |
|-----------------------------|-------|-------|----------------------|--------|--------------------|---------|
|                             |       |       | Simulador de bancada |        | Semeadura em campo |         |
| Níveis de retenção          |       |       | Safrá                |        | Safrá              |         |
|                             | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025   | 2024               | 2025    |
| T1                          | 100%  | 0%    | 7,00 A               | 7,97 A | 5,29 A             | 7,94 A  |
| T2                          | 95%   | 5%    | 7,01 A               | 8,37 A | 5,14 A             | 8,32 A  |
| T3                          | 90%   | 10%   | 6,23 A               | 7,91 A | 5,14 A             | 7,59 A  |
| T4                          | 85%   | 15%   | 6,27 A               | 7,95 A | 5,32 A             | 7,21 AB |
| T5                          | 80%   | 20%   | 5,34 A               | 7,43 A | 6,80 A             | 7,47 A  |
| T6                          | 75%   | 25%   | 5,60 A               | 6,57 A | 6,14 A             | 6,83 AB |
| T7                          | 70%   | 30%   | 5,18 A               | 7,05 A | 6,67 A             | 5,45 B  |
| Média geral                 |       |       | 6,07                 | 7,59   | 5,83               | 7,36    |
| Cv (%)                      |       |       | 13,80                | 7,90   | 11,57              | 13,34   |
| Massa verde parte raiz (g)  |       |       |                      |        |                    |         |
|                             |       |       | Simulador de bancada |        | Semeadura em campo |         |
| Níveis de retenção          |       |       | Safrá                |        | Safrá              |         |
|                             | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025   | 2024               | 2025    |
| T1                          | 100%  | 0%    | 4,14 A               | 2,48 A | 1,12 A             | 3,08 AB |
| T2                          | 95%   | 5%    | 2,75 A               | 2,41 A | 1,12 A             | 4,26 A  |
| T3                          | 90%   | 10%   | 2,83 A               | 2,41 A | 1,13 A             | 2,81 B  |
| T4                          | 85%   | 15%   | 2,36 A               | 2,41 A | 1,20 A             | 2,69 B  |
| T5                          | 80%   | 20%   | 2,47 A               | 2,40 A | 1,20 A             | 2,38 B  |
| T6                          | 75%   | 25%   | 2,21 A               | 2,35 A | 1,20 A             | 1,90 B  |
| T7                          | 70%   | 30%   | 2,28 A               | 2,39 A | 1,18 A             | 2,37 B  |
| Média geral                 |       |       | 2,71                 | 2,41   | 1,16               | 2,61    |
| Cv (%)                      |       |       | 23,60                | 9,80   | 3,23               | 32,64   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Entretanto, na safra de 2025 para a semeadura a campo, observou-se diferença significativa para a massa verde da parte aérea e da raiz. Os tratamentos T1, T2, T3 e T5 não diferiram estatisticamente entre si, apresentando os maiores valores de massa verde da parte aérea, enquanto o T7 apresentou o menor valor, com 5,45 g. Para a massa verde da raiz, o T1 apresentou o maior valor (3,08 g), enquanto os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6 exibiram os menores valores, sem diferença estatística entre eles. Essas diferenças indicam que tanto a proporção de sementes retidas quanto as condições de campo influenciaram significativamente a produção de biomassa inicial das plântulas.

De modo geral, os resultados sugerem que plântulas originadas de sementes maiores (6,0 mm) tendem a apresentar maior massa verde, tanto aérea quanto radicular, refletindo maior vigor fisiológico e melhor capacidade de estabelecimento inicial. Tal comportamento corrobora os achados de Marcos-Filho (2015), França-Neto *et al.* (2021) e Matera *et al.* (2019), que destacam a influência positiva do tamanho das sementes sobre o desempenho inicial das plântulas. Além disso, a correlação observada entre o comprimento de plântula e a massa verde reforça a importância da avaliação conjunta de parâmetros morfológicos e fisiológicos na caracterização completa da qualidade das sementes (Vinhali-Freitas *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2021).

Em 2024 e 2025, no simulador de bancada, não foram observadas diferenças estatísticas significativas para comprimento de plântula, massa seca, tanto para a parte aérea quanto para a raiz (Tabela 10).

Na semeadura em campo na safra de 2024, o T2 apresentou a maior massa seca da parte aérea (2,46 g) e da raiz (1,00 g), enquanto os tratamentos T6 e T7 obtiveram os menores valores para massa seca da parte aérea (1,44 g e 1,46 g) e da raiz, evidenciando que plântulas originadas de sementes maiores acumularam maior biomassa.

Na safra de 2025, o T2 também apresentou a maior massa seca da parte aérea (2,52 g) e da raiz (0,17 g), enquanto o T6 e o T7 apresentaram os menores valores, sendo que o T7 obteve o menor valor de massa seca da raiz (0,94 g). Esses resultados reforçam a influência do tamanho das sementes e do ambiente de campo sobre a produção inicial de biomassa.

**Tabela 10 - Valores médios de massa seca da parte aérea e raiz das plântulas de soja submetidas a diferentes níveis de retenção em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, avaliadas no simulador de bancada e na semeadura em campo nas safras de 2024 e 2025**

| Massa seca parte aérea (g) |       |       |                      |        |                    |          |
|----------------------------|-------|-------|----------------------|--------|--------------------|----------|
|                            |       |       | Simulador de bancada |        | Semeadura em campo |          |
| Níveis de retenção         |       |       | Safr                 |        | Safr               |          |
|                            | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025   | 2024               | 2025     |
| T1                         | 100%  | 0%    | 1,92 A               | 1,67 A | 2,39 A             | 2,20 AB  |
| T2                         | 95%   | 5%    | 1,95 A               | 1,66 A | 2,46 A             | 2,52 A   |
| T3                         | 90%   | 10%   | 1,24 A               | 1,64 A | 1,72 BC            | 2,13 AB  |
| T4                         | 85%   | 15%   | 1,27 A               | 1,65 A | 2,10 AB            | 1,85 BCD |
| T5                         | 80%   | 20%   | 1,21 A               | 1,61 A | 1,54 BC            | 1,98 ABC |
| T6                         | 75%   | 25%   | 1,18 A               | 1,58 A | 1,44 C             | 1,46 CD  |
| T7                         | 70%   | 30%   | 1,19 A               | 1,58 A | 1,46 C             | 1,29 D   |
| Média geral                |       |       | 1,40                 | 1,63   | 1,82               | 1,87     |
| Cv (%)                     |       |       | 23,60                | 1,84   | 25,25              | 29,40    |
| Massa seca parte raiz (g)  |       |       |                      |        |                    |          |
|                            |       |       | Simulador de bancada |        | Semeadura em campo |          |
| Níveis de retenção         |       |       | Safr                 |        | Safr               |          |
|                            | 6,0mm | 5,5mm | 2024                 | 2025   | 2024               | 2025     |
| T1                         | 100%  | 0%    | 1,04 A               | 0,59 A | 1,00 A             | 0,16 AB  |
| T2                         | 95%   | 5%    | 1,04 A               | 0,51 A | 1,00 A             | 0,17 A   |
| T3                         | 90%   | 10%   | 1,00 A               | 0,47 A | 0,97 ABC           | 0,13 ABC |
| T4                         | 85%   | 15%   | 1,02 A               | 0,34 A | 0,99 AB            | 0,14 AB  |
| T5                         | 80%   | 20%   | 0,98 A               | 0,36 A | 0,95 ABC           | 0,10 BC  |
| T6                         | 75%   | 25%   | 0,98 A               | 0,36 A | 0,96 BC            | 0,08 C   |
| T7                         | 70%   | 30%   | 0,98 A               | 0,25 A | 0,94 C             | 0,10 BC  |
| Média geral                |       |       | 1,01                 | 0,41   | 0,98               | 0,12     |
| Cv (%)                     |       |       | 2,04                 | 26,8   | 2,13               | 46,36    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Esse padrão de respostas é consistente com os relatos de Vinhal-Freitas *et al.* (2011) e Marcos-Filho (2015), que observaram que sementes de maior diâmetro tendem a originar plântulas com maior vigor fisiológico e maior capacidade de estabelecimento inicial.

A análise da distribuição longitudinal de sementes no simulador de bancada (Tabela 11) nas safras de 2024 e 2025 evidenciou efeito significativo das proporções de sementes retidas em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm sobre a regularidade da deposição. Na safra de 2024, o tratamento T1, composto por

sementes maiores, apresentou o melhor desempenho, com menor coeficiente de variação (CV = 11,9%) e maior percentual de espaçamentos aceitáveis (99,5%).

**Tabela 11 - Efeito das diferentes proporções de sementes retidas em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm sobre a distribuição longitudinal em simulador de bancada nas safras de 2024 e 2025**

| Distribuição longitudinal de sementes |       |       |           |        |        |                         |
|---------------------------------------|-------|-------|-----------|--------|--------|-------------------------|
| Simulador de bancada                  |       |       |           |        |        |                         |
| Níveis de retenção                    |       |       | Safr 2024 |        |        |                         |
|                                       | 6,0mm | 5,5mm | Cv%       | Duplas | Falhas | Espaçamentos Aceitáveis |
| T1                                    | 100%  | 0%    | 11,9 C    | 0,2 B  | 0,1 B  | 99,5 A                  |
| T2                                    | 95%   | 5%    | 16,1 B    | 0,3 B  | 0,1 B  | 99,6 A                  |
| T3                                    | 90%   | 10%   | 16,6 B    | 0,2 B  | 0,6 B  | 99,1 A                  |
| T4                                    | 85%   | 15%   | 18,6 B    | 0,5 AB | 1,3 B  | 98,0 A                  |
| T5                                    | 80%   | 20%   | 18,2 B    | 0,5 AB | 0,8 B  | 98,6 A                  |
| T6                                    | 75%   | 25%   | 17,2 B    | 0,8 AB | 0,7 B  | 98,5 A                  |
| T7                                    | 70%   | 30%   | 22,3 A    | 1,3 A  | 3,1 A  | 95,6 B                  |
| Média geral                           |       |       | 17,27     | 0,5    | 0,9    | 98,4                    |
| Cv (%)                                |       |       | 10,19     | 36,16  | 35,18  | 7,18                    |
| Níveis de retenção                    |       |       | Safr 2025 |        |        |                         |
|                                       | 6,0mm | 5,5mm | Cv%       | Duplas | Falhas | Espaçamentos Aceitáveis |
| T1                                    | 100%  | 0%    | 13,8 D    | 0,2 A  | 0,4 A  | 99,4 A                  |
| T2                                    | 95%   | 5%    | 14,3 CD   | 0,1 A  | 1,4 A  | 99,1 A                  |
| T3                                    | 90%   | 10%   | 15,8 BCD  | 0,4 A  | 0,9 A  | 98,7 A                  |
| T4                                    | 85%   | 15%   | 17,8 ABC  | 0,2 A  | 2,2 A  | 97,6 AB                 |
| T5                                    | 80%   | 20%   | 18,5 AB   | 0,7 A  | 1,5 A  | 98,7 A                  |
| T6                                    | 75%   | 25%   | 19,4 AB   | 0,6 A  | 1,7 A  | 97,7 AB                 |
| T7                                    | 70%   | 30%   | 20,7 A    | 1,7 B  | 1,7 A  | 96,6 B                  |
| Média geral                           |       |       | 17,2      | 0,56   | 1,40   | 98,26                   |
| Cv (%)                                |       |       | 15,22     | 98,78  | 42,06  | 1,01                    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Em contrapartida, o tratamento T7, com maior proporção de sementes menores, registrou o pior desempenho (CV = 22,3%; espaçamentos aceitáveis = 95,6%), evidenciando aumento da variabilidade e maior incidência de falhas e duplas. Esses resultados indicam que a presença de sementes menores compromete a singulação e a uniformidade da deposição, corroborando estudos que demonstram a influência do tamanho das sementes no desempenho dos dosadores mecânicos e pneumáticos (Santos, 2003; Pádua, 2010; Jasper *et al.*, 2009).

Na safra de 2025, observou-se melhoria no desempenho do simulador de bancada, com valores médios de CV (17,2%), duplas (0,56%) e falhas (1,40%)

menores, e aumento nos espaçamentos aceitáveis (98,26%). Ainda assim, o incremento da proporção de sementes menores continuou a afetar a precisão da distribuição longitudinal, sendo o T7 novamente o tratamento com maior variabilidade (CV = 20,7%) e menor percentual de espaçamentos aceitáveis (96,6%). Esse padrão entre as duas safras evidencia que a heterogeneidade dos tratamentos permanece como fator determinante na distribuição longitudinal das sementes, mesmo com calibração otimizada do equipamento (Souza Siqueira, 2024; Silva, 2025).

Para a semeadura a campo (Tabela 12) mostra que o padrão observado no simulador se manteve em condições reais. Na safra de 2024, os tratamentos com predominância de sementes maiores (T1 a T3) apresentaram maior uniformidade de espaçamento e menor ocorrência de duplas e falhas, garantindo estandes mais equilibrados. Por outro lado, tratamentos com maior proporção de sementes menores (T6 e T7) apresentaram CV de até 40,1%, maior incidência de duplas e falhas, e menor percentual de espaçamentos aceitáveis (69,9%), evidenciando estandes irregulares e menor aproveitamento de recursos como luz, água e nutrientes, com potencial impacto na produtividade (Rambo; Mercante; Siqueira, 2024; Campos; Ávila, 2018).

**Tabela 12 - Efeito das diferentes proporções de sementes retidas em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm sobre a distribuição longitudinal em semeadura a campo nas safras de 2024 e 2025**

| Distribuição longitudinal de sementes |      |     |           |        |        |                         |
|---------------------------------------|------|-----|-----------|--------|--------|-------------------------|
| Semeadura em campo                    |      |     |           |        |        |                         |
| Níveis de retenção                    |      |     | Safr 2024 |        |        |                         |
| 6,0mm<br>5,5mm                        |      |     | Cv%       | Duplas | Falhas | Espaçamentos Aceitáveis |
| T1                                    | 100% | 0%  | 29,1 C    | 5,0 B  | 8,6 B  | 86,4 A                  |
| T2                                    | 95%  | 5%  | 32,2 AB   | 6,6 B  | 8,2 B  | 85,3 A                  |
| T3                                    | 90%  | 10% | 32,1 AB   | 5,2 B  | 8,4 B  | 86,4 A                  |
| T4                                    | 85%  | 15% | 32,7 AB   | 6,3 B  | 8,1 B  | 85,6 A                  |
| T5                                    | 80%  | 20% | 32,7 AB   | 4,5 B  | 11,4 B | 84,1 A                  |
| T6                                    | 75%  | 25% | 34,8 B    | 7,0 B  | 12,0 B | 81,0 A                  |
| T7                                    | 70%  | 30% | 40,1 A    | 11,6 A | 18,5 A | 69,9 B                  |
| Média geral                           |      |     | 33,39     | 6,6    | 10,74  | 82,7                    |
| Cv (%)                                |      |     | 10,19     | 36,16  | 35,18  | 7,18                    |
| Níveis de retenção                    |      |     | Safr 2025 |        |        |                         |
| 6,0mm<br>5,5mm                        |      |     | Cv%       | Duplas | Falhas | Espaçamentos Aceitáveis |
| T1                                    | 100% | 0%  | 26,9 C    | 4,8 B  | 5,4 B  | 89,7 A                  |
| T2                                    | 95%  | 5%  | 26,9 C    | 4,5 B  | 5,1 B  | 90,5 A                  |
| T3                                    | 90%  | 10% | 30,4 AB   | 5,0 B  | 5,9 AB | 89,1 A                  |
| T4                                    | 85%  | 15% | 29,9 BC   | 4,8 B  | 5,1 B  | 90,1 A                  |
| T5                                    | 80%  | 20% | 33,9 AB   | 7,0 B  | 8,8 AB | 84,3 A                  |
| T6                                    | 75%  | 25% | 33,1 AB   | 7,1 B  | 6,4 AB | 86,5 A                  |
| T7                                    | 70%  | 30% | 39,5 A    | 13,9 A | 9,7 A  | 76,5 B                  |
| Média geral                           |      |     | 31,5      | 6,7    | 6,6    | 86,7                    |
| Cv (%)                                |      |     | 14,10     | 49,68  | 28,17  | 5,78                    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Na safra de 2025, os tratamentos com sementes maiores (T1, T2) continuaram a apresentar os melhores resultados com 26,9%, enquanto o T7 com maior proporção de sementes menores obteve um CV em 39,5% e maior ocorrência de falhas e duplas, resultando em redução do percentual de espaçamentos aceitáveis (76,5%). Esses resultados reforçam que a padronização do tamanho das sementes, aliada a ajustes adequados nos dosadores, é essencial para garantir deposição uniforme, estande regular e aproveitamento máximo do potencial produtivo da lavoura.

De forma geral, os resultados das duas safras indicam que o aumento da proporção de sementes menores compromete a distribuição longitudinal, tanto em bancada quanto em campo, afetando diretamente a uniformidade do estande e o potencial produtivo da lavoura. Ajustes adequados nos dosadores, combinados

com a classificação física das sementes, são estratégias essenciais para minimizar falhas e duplas, garantindo emergência uniforme e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (Jasper *et al.*, 2009; Almeida, 2019; Marques Filho, 2020).

A Tabela 13 apresenta os índices de velocidade de emergência (IVE) das plântulas de soja provenientes de sementes retidas em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, nos diferentes tratamentos de sementes (T1 a T7), nas safras de 2024 e 2025.

**Tabela 13 - Índice de velocidade de emergência das plântulas de soja nos diferentes tratamentos de sementes retidas em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, nas safras de 2024 e 2025**

| Índice de Velocidade de emergência (semeadura em campo) |       |       |         |         |
|---------------------------------------------------------|-------|-------|---------|---------|
| Níveis de retenção                                      |       |       | Safrá   |         |
|                                                         | 6,0mm | 5,5mm | 2024    | 2025    |
| T1                                                      | 100%  | 0%    | 77,95 A | 73,47 A |
| T2                                                      | 95%   | 5%    | 83,97 A | 77,50 A |
| T3                                                      | 90%   | 10%   | 91,80 A | 48,33 B |
| T4                                                      | 85%   | 15%   | 77,83 A | 51,50 B |
| T5                                                      | 80%   | 20%   | 63,28 A | 47,05 B |
| T6                                                      | 75%   | 25%   | 74,26 A | 47,55 B |
| T7                                                      | 70%   | 30%   | 70,70 A | 37,70 B |
| Média geral                                             |       |       | 78,57   | 51,21   |
| Cv (%)                                                  |       |       | 10,68   | 26,03   |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Na safra de 2024, os tratamentos não apresentaram diferença estatística significativa para o índice de velocidade de emergência, indicando que, apesar das diferentes proporções de sementes retidas em peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm, o tamanho das sementes não influenciou a emergência das plântulas.

Por outro lado, na safra de 2025, observou-se diferença estatística significativa entre os tratamentos. T1 e T2 apresentaram os maiores índices de velocidade de emergência, diferindo dos demais (T3, T4, T5, T6 e T7), que não se distinguiram estatisticamente entre si. Esse comportamento pode estar associado à maior proporção de sementes retidas em peneiras de 6,0 mm nesses tratamentos, as quais, por apresentarem maior reserva energética e potencial

fisiológico superior, tendem a favorecer uma emergência mais rápida e uniforme (Radin *et al.*, 2017; Cavalcante *et al.*, 2022).

A comparação entre as safras demonstra que a qualidade fisiológica das sementes e as condições climáticas influenciam diretamente o desempenho inicial das plântulas. Em 2024, a baixa precipitação no período de semeadura pode ter limitado a expressão do potencial das sementes, mascarando diferenças entre os tratamentos. Já em 2025, condições hídricas mais favoráveis permitiram que o efeito do tamanho das sementes se manifestasse de forma estatisticamente significativa. Dessa forma, os resultados demonstram que a adequada classificação das sementes em peneiras, aliada à disponibilidade hídrica no período de semeadura, influencia diretamente o índice de velocidade de emergência e a uniformidade de estabelecimento do estande. A emergência mais rápida e sincronizada favorece distribuição homogênea das plântulas no campo, contribuindo para melhor aproveitamento dos recursos e maior estabilidade produtiva (Cavalcante *et al.*, 2022; Radin *et al.*, 2017).

Na Tabela 14 estão apresentados os resultados de produtividade obtidos nos diferentes tratamentos avaliados.

**Tabela 14 - Produtividade da soja nos diferentes tratamentos de sementes retidas em peneiras**

| Produtividade (sc. ha <sup>-1</sup> ) |       |       |         |         |
|---------------------------------------|-------|-------|---------|---------|
| Níveis de retenção                    |       |       | Safr    |         |
|                                       | 6,0mm | 5,5mm | 2024    | 2025    |
| T1                                    | 100%  | 0%    | 82,33 A | 93,13 A |
| T2                                    | 95%   | 5%    | 81,84 B | 93,10 A |
| T3                                    | 90%   | 10%   | 78,15 C | 90,22 C |
| T4                                    | 85%   | 15%   | 78,18 D | 92,33 B |
| T5                                    | 80%   | 20%   | 77,56 E | 88,93 D |
| T6                                    | 75%   | 25%   | 73,30 F | 87,18 E |
| T7                                    | 70%   | 30%   | 71,73 G | 85,73 F |
| Média geral                           |       |       | 77,58   | 90,09   |
| Cv (%)                                |       |       | 5,10    | 3,27    |

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Na safra de 2024, observa-se que o tratamento T1 apresentou a maior produtividade, com 82,33 sc há<sup>-1</sup>, sendo estatisticamente superior aos demais pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. À medida que se reduziu o percentual de sementes retidas em 6,0 mm e aumentou-se a proporção de sementes menores (5,5 mm), observou-se queda progressiva na produtividade, chegando a 71,73 sc há<sup>-1</sup> no tratamento.

Esse comportamento indica que a utilização de sementes maiores, retidas em peneira de 6,0 mm, proporcionou melhor desempenho produtivo, possivelmente devido ao menor coeficiente de variação, refletindo em estabelecimento mais uniforme e plantas com maior potencial de rendimento.

Por outro lado, Huang *et al.* (2023) ressaltam que o aumento do tamanho da semente nem sempre está diretamente associado ao rendimento, pois fatores como condições ambientais e genótipo também interferem no resultado final.

Na safra de 2025, observa-se comportamento semelhante, com o tratamento T1 apresentando a maior produtividade (93,13 sc há<sup>-1</sup>), estatisticamente igual ao T2, que obteve 93,10 sc há<sup>-1</sup>. A partir do T3, houve redução gradual da produtividade até o T7.

Esses resultados indicam que pequenas proporções de sementes menores (até 5 %) não afetaram significativamente o rendimento, mas aumentos acima desse limite reduziram a produtividade.

Ao analisar os resultados de distribuição longitudinal das sementes (Tabela 12) e da produtividade (Figura 17) evidencia uma relação direta entre a uniformidade de deposição das sementes no sulco e o rendimento final da cultura da soja. Nas duas safras avaliadas (2024 e 2025), verificou-se que o aumento da proporção de sementes menores (retidas na peneira de 5,5 mm) provocou piora na uniformidade da distribuição, refletida pelo aumento do coeficiente de variação (CV), maior ocorrência de duplas e falhas e redução dos espaçamentos aceitáveis.

Na safra de 2024, os tratamentos compostos majoritariamente por sementes maiores (T1 e T2) apresentaram melhores índices de distribuição, com e maior percentual de espaçamentos aceitáveis (86,40 e 85,30%), o que refletiu em maior produtividade, atingindo 82,33 e 81,84 sc há<sup>-1</sup>. Por outro lado, os tratamentos com maior proporção de sementes menores (T6 e T7) exibiram menor percentuais de espaçamentos aceitáveis (81,00 e 69,90%), resultando nas

menores produtividades, de 73,30 e 71,73 sc há<sup>-1</sup>. Essa correlação indica que a distribuição longitudinal irregular compromete o estande de plantas e, consequentemente, o rendimento da lavoura.

Segundo Jasper *et al.* (2009) e Almeida (2019), a uniformidade na distribuição de sementes é um fator determinante para o sucesso do estande inicial, pois reduz a competição intraespecífica e favorece o aproveitamento equilibrado de luz, água e nutrientes. Assim, a menor regularidade observada nos tratamentos com sementes de menor diâmetro resulta em plantas desuniformes e falhas de estande, o que afeta negativamente o potencial produtivo (RAMBO; Mercante; Siqueira, 2024).

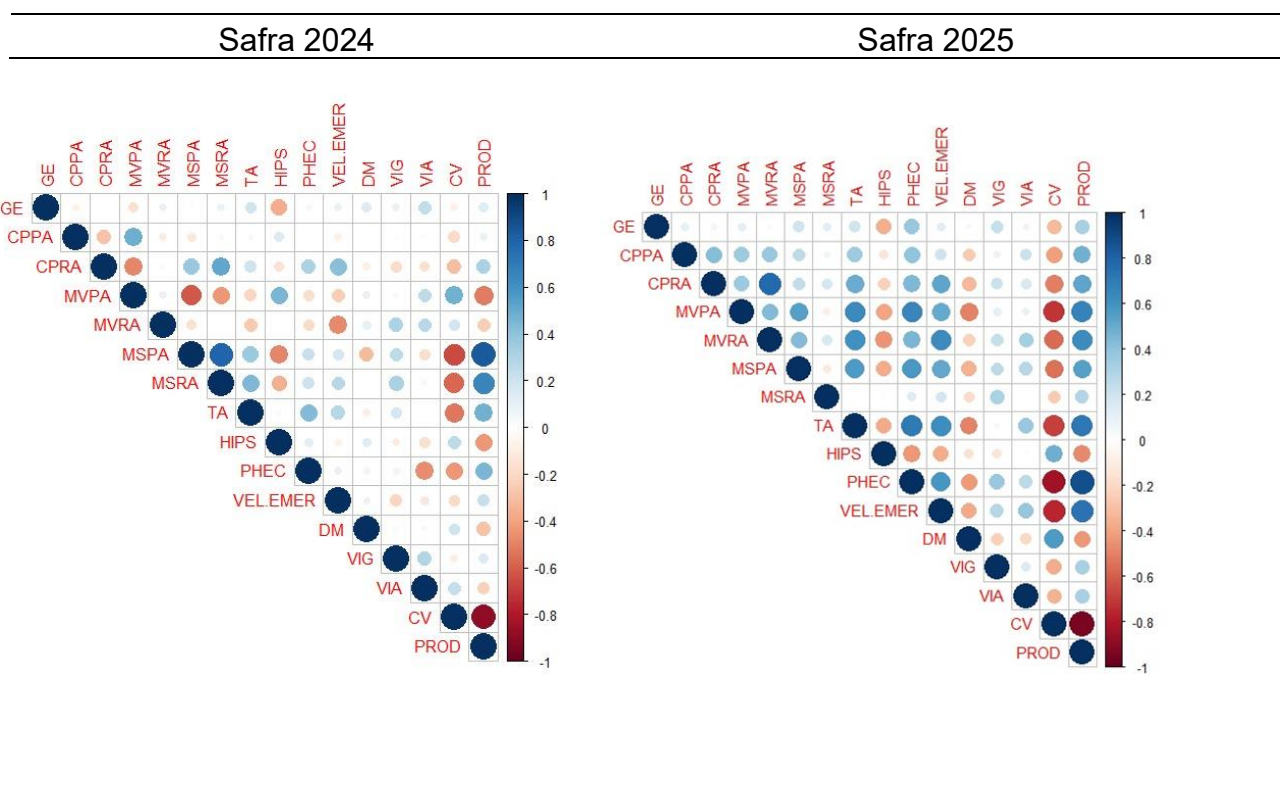
Em 2025 os tratamentos com maior proporção de sementes de 6,0 mm (T1 a T3) continuaram apresentando melhor regularidade na distribuição longitudinal e, consequentemente, maior produtividade (93,13 a 90,22 sc há<sup>-1</sup>). Já os tratamentos com maior proporção de sementes menores (T6 e T7) apresentaram redução na uniformidade de deposição (CV de 19,4 e 20,7%) e queda na produtividade (87,18 e 85,73 sc há<sup>-1</sup>), evidenciando que a distribuição longitudinal de sementes interfere na produtividade da cultura da soja.

A compreensão dos resultados deste estudo pode ser aprimorada utilizando-se os gráficos de correlação de Pearson, que permitem observar de forma visual a relação existente entre as variáveis analisadas. Essa abordagem auxilia na identificação de como uma variável se comporta em relação à outra. O coeficiente de correlação assume valores entre -1 e 1, em que valores próximos de -1 indicam correlação negativa forte, caracterizada por uma tendência de variação em sentidos opostos entre as variáveis. Por outro lado, valores próximos de 1 representam forte correlação positiva, evidenciando que ambas variam na mesma direção. Quando o coeficiente se aproxima de 0, considera-se que não há relação significativa entre as variáveis estudadas (Ferreira, 2018).

O mapa de correlação de Pearson (Figuras 7) foi elaborado com base nos valores médios obtidos para cada variável em todos os tratamentos avaliados na safra 2024 e 2025, considerando as diferentes proporções de sementes retidas nas peneiras de 6,0 mm e 5,5 mm. Embora o gráfico não represente individualmente cada tratamento, ele expressa o comportamento geral das variáveis físicas, fisiológicas e agrônômicas em conjunto, refletindo as respostas

médias dos tratamentos em uma visão integrada. Assim, as correlações obtidas permitem identificar a magnitude e a direção das relações entre as variáveis, possibilitando reconhecer quais parâmetros apresentam maior associação entre si e quais tendem a exercer influência mais expressiva sobre a produtividade e a uniformidade da semeadura (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2014).

**Figura 7 - Mapa de correlação de Pearson entre as variáveis avaliadas para as diferentes proporções de sementes de soja retidas na peneira de 6,0 mm, complementadas por sementes retidas na peneira de 5,5 mm. As cores indicam a intensidade e a direção das correlações entre as variáveis, safra 2024 e 2025**



Variáveis: TA (teor de água), G (germinação), CPPA (comprimento de plântula parte aérea, CPRA (Comprimento de plântula parte de raiz), MSPA (massa seca da parte aérea), MSRA (massa seca da raiz), TA (teor de água), HIPS (Hipoclorito de sódio), PHEC (peso hectolitro), VEL EMER (índice de velocidade de emergência), DM (Semente com dano mecânico), VG (vigor), VIA (viabilidade), CV (coeficiente de variação), PROD (produtividade)

Na safra de 2023/24, as correlações de Pearson indicaram forte associação entre as variáveis fisiológicas, físicas e agrônômicas, demonstrando que o vigor e a integridade estrutural das sementes foram determinantes para o desempenho inicial e final da cultura. As variáveis GE, VIG, VIA, CPPA, CPRA, MSPA e MSRA

apresentaram correlações positivas significativas entre si, evidenciando coerência entre o desempenho fisiológico em laboratório e o comportamento em campo. Esse padrão demonstra que sementes mais vigorosas promoveram plântulas com maior crescimento inicial e acúmulo de biomassa, favorecendo o estabelecimento uniforme do estande, conforme descrito por Marcos-Filho (2015) e corroborado por Silva *et al.* (2023) e Batista *et al.* (2022).

As variáveis de qualidade física, como TA, HIPS e PHEC, também se correlacionaram positivamente com os parâmetros fisiológicos, evidenciando que sementes fisicamente íntegras apresentaram melhor desempenho germinativo e fisiológico. Esses resultados estão em conformidade com França Neto *et al.* (2022), que destacam que a preservação da integridade física, especialmente em sementes de maior diâmetro, assegura maior eficiência metabólica e maior tolerância a condições de estresse.

A variável VEL.EMER apresentou forte correlação positiva com GE, VIG e VIA, reforçando que sementes mais vigorosas emergiram mais rapidamente e de forma mais uniforme, mesmo sob condições de menor precipitação e maior radiação solar, conforme verificado nos dados climáticos dessa safra. Essas condições de déficit hídrico potencializaram a influência da qualidade fisiológica, confirmando a importância do vigor na superação de estresses ambientais, conforme salientado por Pereira *et al.* (2021).

Além disso, observou-se correlação negativa entre o coeficiente de variação (CV) e a produtividade (PROD), indicando que maior variabilidade na distribuição das sementes ao longo da linha de semeadura resulta em menor rendimento de grãos. Esse comportamento confirma a relação direta entre uniformidade de distribuição longitudinal e desempenho produtivo, uma vez que um menor CV reflete maior precisão na deposição das sementes, favorecendo o estabelecimento homogêneo das plantas e, consequentemente, maior produtividade. Esse resultado está em concordância com a tabela de produtividade, na qual os tratamentos com menor CV apresentaram maior rendimento, demonstrando a importância da semeabilidade para o sucesso produtivo.

Por fim, a maior homogeneidade no tamanho das sementes, observada nas proporções com predominância de sementes retidas na peneira de 6,0 mm,

também se associou positivamente à produtividade, indicando que a uniformidade no tamanho das sementes favorece a fluidez no sistema dosador, a deposição uniforme no solo e o desenvolvimento equilibrado do estande. Esse efeito foi ainda mais evidente na safra 2023/2024, em virtude das condições ambientais mais restritivas, nas quais as diferenças na qualidade física e fisiológica das sementes tornaram-se fatores determinantes para o desempenho final da cultura.

Na safra de 2024/25, as correlações de Pearson apresentaram comportamento distinto, refletindo as condições climáticas mais favoráveis observadas durante o ciclo da cultura. A maior regularidade de chuvas e estabilidade térmica ao longo do período reduziu a variabilidade ambiental e proporcionou condições de emergência e crescimento mais uniformes, independentemente das diferenças entre os tratamentos.

As correlações positivas entre as variáveis fisiológicas GE, VIG, VIA, CPPA, CPRA, MSPA e MSRA se mantiveram, porém com menor intensidade em relação à safra anterior. Esse resultado indica que, sob ambiente mais estável, as diferenças no vigor fisiológico das sementes têm menor impacto sobre o desempenho em campo, uma vez que as condições hídricas adequadas permitem a germinação e o crescimento satisfatórios mesmo de sementes de menor vigor (Marcos-Filho, 2015).

A variável VEL.EMER apresentou correlações menos consistentes, inclusive negativas em alguns casos, com as variáveis fisiológicas. Essa variação pode ser atribuída à maior saturação hídrica do solo e às oscilações térmicas registradas durante o período de emergência, que podem ter prejudicado a aeração do solo e, conseqüentemente, reduzido a expressão do vigor em campo. De acordo com Pereira *et al.* (2021), a manifestação do vigor depende fortemente do equilíbrio entre oxigenação e disponibilidade hídrica durante a germinação, sendo desfavorecida em condições de excesso de umidade.

Ainda assim, a produtividade (PROD) manteve correlações positivas com as variáveis fisiológicas, especialmente GE, VIA, MSPA e MSRA, confirmando que o vigor das sementes influencia o rendimento final mesmo sob condições ambientais favoráveis. Essa tendência reforça a importância da qualidade fisiológica associada à uniformidade física para o desempenho agrônômico, conforme relatado por Batista *et al.* (2022) e Silva *et al.* (2023).

De forma semelhante à safra anterior, verificou-se que o coeficiente de variação (CV) manteve correlação negativa com a produtividade, reforçando que menores valores de CV correspondem a maior uniformidade de distribuição longitudinal e maior rendimento de grãos. Esse resultado é consistente com os obtidos na tabela de produtividade, demonstrando que a precisão na deposição das sementes e a homogeneidade do tamanho são determinantes para o estabelecimento eficiente das plantas. Assim, conclui-se que a homogeneidade no tamanho das sementes, decorrente da maior proporção de sementes retidas na peneira de 6,0 mm, otimiza o desempenho operacional da semeadora, reduz a variabilidade de deposição (CV) e contribui diretamente para o aumento da produtividade da cultura.

A comparação entre as safras de 2023/24 e 2024/25 evidencia que as condições climáticas atuaram como fator modulador da expressão fisiológica e produtiva das sementes, afetando a magnitude das correlações entre as variáveis analisadas. Na safra de 2023/24, marcada por déficit hídrico e maior radiação solar, as correlações foram mais fortes e consistentes, destacando o papel da qualidade fisiológica e da uniformidade de tamanhos das sementes na superação do estresse hídrico e na manutenção da produtividade. Já na safra de 2024/25, com maior disponibilidade hídrica e menor variabilidade térmica, as correlações foram menos intensas, refletindo o efeito amortecedor das condições ambientais sobre as diferenças entre os tratamentos.

Em ambas as safras, observou-se que menores valores de coeficiente de variação (CV) estiveram associados a maior produtividade, enquanto maiores valores de CV refletiram distribuição irregular e menor rendimento, confirmando que a uniformidade na deposição das sementes e na classificação por tamanho constitui fator determinante para o desempenho agrônomo e a eficiência da semeadura. Esses resultados reforçam o princípio de que a qualidade da semente, a homogeneidade de tamanho e a precisão na semeadura atuam de forma sinérgica na maximização do potencial produtivo da soja (Marcos-Filho, 2015; França Neto *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2021).

## **5 CONCLUSÕES**

Os diferentes níveis de retenção em peneiras de sementes de soja influenciam diretamente a eficiência da semeadura, a uniformidade de distribuição e o estabelecimento da lavoura.

Sementes mais uniformes proporcionaram melhor distribuição espacial, reduziram a ocorrência de duplas e falhas, e favorecem estande mais adequado de plantas no campo;

As análises de correlação mostraram que o vigor das sementes está positivamente relacionado à produtividade, enquanto maiores coeficientes de variação (CV) estão associados a menor uniformidade e rendimento.

A retenção em peneiras deve ser considerada não apenas uma etapa de classificação, mas também uma estratégia técnica essencial para assegurar a semeabilidade eficiente, a estabilidade produtiva e o retorno econômico na cultura da soja.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. P. **Bancada de teste para dosadores de semeadoras de precisão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019.
- AMARAL, L. de O. et al. Artificial neural network for discrimination and classification of tropical soybean genotypes of different relative maturity groups. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 13, 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.814046.
- AMBIKA, S; MANONMANI, V; SOMASSUNDARAN, G. Review of effect of seed size on seedling vigour and seed yield. **Research Jornal of Seed Science**. p.1-8, 2014.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. 1. ed. São Paulo: Manole, 1987.
- BATISTA, T. B.; PEREIRA, C. E.; LOPES, S. J. **Desempenho fisiológico e produtivo de sementes de soja em função do vigor e do ambiente de cultivo**. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 44, n. 1, p. 1-10, 2022.
- BORTOLOTTTO, T. C. **Plantabilidade de milho na resteva de avezem cobertura e pastejado no sistema integração lavoura-pecuária, dessecados em diferentes épocas**. Trabalho de conclusão de curso, 46f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 1. ed. Brasília, DF: Mapa, 2009.
- CAMPOS, L. A.; ÁVILA, M. R. **Influência do tamanho de sementes na produtividade e desenvolvimento da soja**. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 40, n. 2, p. 215-223, 2018.
- Canal Rural. **Melhoramento genético de soja convencional gera novas cultivares**. Disponível em: <https://planetacampo.canalrural.com.br/agricultura/melhoramento-genetico-de-soja/>. 2024. Acesso em 31 jan. 2025.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP, 2012. 590 p.
- CAVALCANTE, J. P. J. et al. Potencial fisiológico de sementes de cultivares de soja no oeste baiano. *Revista Brasileira de Sementes*, v.44, n.3, p.347-358, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/download/34793/29311>. Acesso em: 17 out. 2025.

CAMOZZATO, A.V. Desempenho de cultivares de soja em função do tamanho das sementes. **Revista brasileira de sementes**. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100032>. Acesso em 24 nov. 2022.

COELHO, E.B.; Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica da soja **Agronomic Journal**, v. 3 n.1, p. 71-79, 2019.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 13, n. 4, p. 1-107, jan. 2026. Safra 2025/26, sexto levantamento. Disponível em: [www.conab.org.br](http://www.conab.org.br). Acesso em: 23 jan. 2025.

COSTA, N et al. Efeito da colheita mecânica sobre a qualidade da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 232-237, 1996.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.

DIAS, P. P. Impacto da manutenção e regulação de semeadoras na plantabilidade da soja. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 55-67, 2017.

DERRE, L. O. et al. **Influência do tamanho de sementes na germinação e vigor inicial da soja** (*Glycine max*). Colloquium Agrariae, vol. 13, n. Especial, Jul-Dez, 2017.

DUARTE, J. O. Embrapa Milho e Sorgo: **Sistema de Produção: Cultivo de Milho**. Importância econômica da cultura do milho. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1084535/1/MilhoSorgo201728122017.pdf>. 2006. Acesso em 05 jan. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento sobre a produção de soja no Brasil**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso em 25 jan. 2025.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Dados econômicos da soja**. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 31 jan. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultura do Milho: sistema de produção**. 7. Ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

Embrapa Soja. **Ecofisiologia da soja**. Embrapa Soja. 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/470308/1/circtec48.pdf>. Acesso em 31 jan. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Teste hipoclorito de sódio para sementes de soja**. 1 Ed. Londrina, PR: Embrapa Soja 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade**. 1 Ed. Londrina, PR: Embrapa Soja 2016.

EMBRAPA. **Semeadura da soja: boas práticas agrícolas**. Londrina, PR: EMBRAPA Soja 2016.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e Fenologia**. In: **Produção de Milho**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária, 2004, p. 21-52.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. Lavras: UFLA, 2018. 676 p.

FERREIRA, S. C. **Diagnose nutricional de cultivares de milho (Zea Mays L.) de diferentes níveis tecnológicos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

FESSEL, S. A. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, PR, v. 25, n. 1, p. 25-28, 2003.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. **Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 64 p. (Documentos, 451).

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. *Qualidade fisiológica de sementes de soja: fundamentos e aplicações práticas*. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 88 p. (Embrapa Soja. Documentos, 433).

FRANÇA-NETO, J. B. *et al.* Vigor de sementes: conceitos e testes utilizados para a avaliação. Londrina: Embrapa Soja, 2021.

FRANÇA NETO, J. B. *et al.* Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: **Embrapa Soja Documentos**, n. 380, 2016. 82 p.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRYZANOWSKI, F. C.; CARVALHO, N. M.; GONÇALVES, L. C.; PÁDUA, G. P. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. *Circular Técnica*, n. 380, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1057882/1/Documentos380OL1.pdf>. Acesso em: 12 out. 2025.

FURLANI, , C. E. A. *et al.* Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e carga no depósito de fertilizante. **Energia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 4, out/dez. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n2/v24n2a16>. Acesso em: 25 mar. 2021.

GOMES, J. V. dos S. et al. **Classificação do ciclo da soja baseado no grupo de maturidade relativa**. In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA MEIO-NORTE, 2., 2016, Teresina. *Anais*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. p. 69–71.

HENNING, F. A. et al. **Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor**. *Bragantia*, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300026>.

JASPER, R.; JUSTINO, A.; MORGADO, C. B. **Comparação de bancadas simuladoras do processo de semeadura**. *Engenharia Agrícola*, v. 29, n. 4, p. 580-590, 2009.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. 3. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2020. (Documentos, 437).

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; GOMES-JÚNIOR, F. G.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2020. p. 79-140.

KRZYŻANOWSKI, F. C. et al. *Seed quality and physiological potential: evaluation methods and interpretation*. Londrina: ABRATES, 2020.

KRYZANOWSKI, FRANÇA NETO, HENNING **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Circular técnica 136 Londrina, PR. 2018. ISSN 2176-2864

KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P. Efeito da classificação de sementes de soja por tamanho sobre sua qualidade e a precisão de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, p.59-68, 1991.

KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. "Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas." Informativo ABRATES, v.1, n.2, p.15-53.1991.

LIU, B.; ZHOU, X.; QU, D. Relationship among seed size from different seed positions at several seeded pod in soybean. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.10, p. 768-771, 2012.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n.1, p. 133-146, 2009.

MAGUIRE, JD. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. V.2, n.2.

MANDARINO, J. M. G. **Composição química média da soja e valor nutricional das suas proteínas**. 2015. Embrapa Soja. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Composi%C3%A7%C3%A3o%2Bqu%C3%ADmica%2Bm%C3%A9dia%2Be%2Bvalor%2Bnutricional%2Bdos%2Bgr%C3%A3os%2Bde%2Bsoja.pdf/60519771-341d-19ee-6e85-1e62073166b2>. Acesso em 30 jan. 2025.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. (2024). **Valor Bruto da Produção atingirá R\$ 1,31 trilhão na safra 24/25**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-bruto-da-producao-atingira-r-1-31-trilhao-na-safra-24-25>. Acesso em: 31 jan. 2025.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. de. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009. DOI: 10.1590/S0101-31222009000100012.

MARQUES FILHO, A. C. **Plantabilidade e distribuição longitudinal de sementes: estudo em diferentes conjuntos disco-anel**. *Revista da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP*, v. 17, p. 31-45, 2020.

MÁRQUEZ, L. **Maquinaria agrícola**. Madrid: B&H Editores, 2004.

MÁRQUEZ, G. Eficiência na semeadura e seus impactos na produtividade da soja. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 23, n. 1, p. 45-57, 2004.

MARTINS, M. F., SILVA, J. M., & OLIVEIRA, L. P. (2022). Impacto das exportações de soja no mercado interno brasileiro: Análise e perspectivas. **Revista de Economia e Agronegócios**, v.17, n. 3, p. 45- 58, 2022.

MARTINS, R. D. et al. Semeabilidade da soja e sua relação com a produtividade agrícola. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 96, n. 4, p. 215-229, 2021.

MATERA, T. C. et al. Accelerated aging test and its relationship to physiological indices in soybean. **Journal of Seed Science / SciELO**, 2019.

MATERA, T. C.; ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A. Tamanho da semente e desempenho inicial de plântulas de soja. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, n. 3, p. 812–819, 2019.

MOREIRA, F. J. C.; DA SILVA, M. A. P. & MEDEIROS FILHO, S. Germinação e crescimento inicial de cajuí (*Anacardium microcarpum* Ducke) em função do tamanho das sementes e do tempo de embebição. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 15, n. 1, p. 19-28, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-6762200600060000>>.

MINUZZI, A. Braccini A.L.; Rangel M. A. S.; Scapim C.A.; Barbosa M.C.; Albrecht L.P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MURRAY, J. R.; TULLBERG, J. N.; BASNET, B. B. **Planters and their components: types, attributes, functional requirements, classification and description**. ACIAR Monograph nº 121. Australia: University of the Queensland, 2006. 178 p.

NEPOMUCENO, A. A evolução da produtividade da soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 24 n. 2, p. 30- 45, 2023.

NIU, L. et al. *Final seed size in soybean is determined during mid-seed filling through carbon and nitrogen supply*. *Agronomy*, Basel, v. 14, n. 4, p. 763, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/4/763>. Acesso em: 18 out. 2025.

OLIVEIRA, G. R. F. et al. Treatment of soybean seeds with mechanical damage: effects on physiological potential. **Journal of Seed Science**, 2021.

OLIVEIRA, A. C. S.; et al. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, p. 280-287, 2000. Disponível em: <http://www.interscienceplace.org/isp/index.php/isp/article/view/35>. Acesso em: 16 out. 2025.

PÁDUA, G. P.; BARBOSA, J. G.; MENDES, S. O.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, A. L. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 1-9, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/QNjpw8T3nHdjrDkkqmHjZ7R/>. Acesso em: 12 out. 2025.

PEREIRA, L. C.; SILVA, R. P.; CAVARIANI, C. **Vigor de sementes e o estabelecimento de plantas em condições adversas de umidade**. *Journal of Seed Science*, Londrina, v. 43, e202143045, 2021.

PINTO, J.F. Comportamento da plasticidade de plantas de soja frente a falhas e duplas dentro de uma população. 2010. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010. 43 p.

PRADO et al. Seed size and its influence on the initial development of soy. *Ipê Agronomic Journal* v.5, n.1 p.1–7, 2021. DOI:10.37951/2595-6906.2021v5i1.6745.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 4. ed. Pelotas: Editora UFPEL, 2019.

RADIN, B.; SCHÖNHOFEN, A.; TAZZO, I. F. Impacto da quantidade e frequência de chuva no rendimento da soja. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.25, n.1, p.19-26, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330693102\\_Impacto\\_da\\_quantidade\\_e\\_frequencia\\_de\\_chuva\\_no\\_rendimento\\_da\\_soja](https://www.researchgate.net/publication/330693102_Impacto_da_quantidade_e_frequencia_de_chuva_no_rendimento_da_soja). Acesso em: 17 out. 2025.

RAMBO, L.; MERCANTE, F. M.; SIQUEIRA, A. C. de. **Efeitos da irregularidade na distribuição de sementes sobre o estande e produtividade da soja.** *Agroambiente*, v. 18, n. 2, p. 1-10, 2024.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. *How a soybean plant develops*. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1982. 20 p. Special Report, n. 53.

SANTOS, S. R. **Variáveis dimensionais de sementes de soja que influenciam a qualidade de semeadura.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 3, p. 537-542, 2003.

SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. **Falhas e duplos na produtividade.** *Seed News*, Pelotas, v. 9, n. 6, nov/dez. 2012.

SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Fatores que influenciam o estabelecimento do estande na cultura da soja. **Revista Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 789-797, 2012.

SILVA, R. A.; BATISTA, T. B.; SOUZA, R. T. **Qualidade fisiológica de sementes de soja e seu reflexo no estabelecimento e produtividade.** *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 10, n. 4, p. 44-52, 2023.

SILVA, A. S.; ROSSETTI, A. G.; SILVA, R. A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho e soja por diferentes métodos de seleção de tamanho. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 41, n. 1, p. 1-9, 2019.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JR, R milho: **semeadoras -adubadoras para sistema plantio direto com qualidade Londrina-PR**: IAPAR, 2002.

TRÉS, S. P.; ORSO, G.; BRAND, A. J.; SANTOS, E. L. Avaliação do vigor em sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) em função do tamanho. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, n. 2, p. 45-53, 2010.

VIEIRA, L.B., REIS, E.F. Máquinas para o plantio direto. *Inf. Agropecuaria.*, v.22, n.208, p.43-8, 2001.

VINHAL-FREITAS, S. L.; et al. Germinação e vigor de sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 222-229, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/390008930\\_GERMINACAO\\_E\\_VIGOR](https://www.researchgate.net/publication/390008930_GERMINACAO_E_VIGOR)

\_DE\_SEMENTES\_DE\_SOJA\_CLASSIFICADAS\_EM\_DIFERENTES\_TAMANHO  
S. Acesso em: 16 out. 2025.

VINHAL-FREITAS, I. C. et al. Influência do tamanho da semente sobre o desempenho fisiológico e produtivo da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 54–63, 2011.

VINHAL-FREITAS, I. C.; ALVES, M. C.; OLIVEIRA, R. A.; NAKAGAWA, J. Tamanho da semente e desenvolvimento inicial de plântulas de soja sob diferentes condições de luz. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 2, p. 280–288, 2011.

WANG, X. et al. Effects of seed size on soybean performance: germination, vigor and growth. **BMC Plant Biology**, 2025.

WANG, J.; ZHANG, H.; LI, Y.; LIU, P. Influence of soybean seed size on seedling vigor and field performance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 211, n. 2, p. 145–156, 2025.

ZUCHI, J. Refinamento da qualidade de sementes de soja na unidade de beneficiamento. *Revista Plantar*. p.22 - 23, 2015.