

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEANDRO CASSOU ERTHAL

**ANÁLISE COMPARATIVA DE TRATAMENTOS LUBRIFICANTES DE SEMENTES
UTILIZANDO TALCO, SÍLICA E GRAFITE NA CULTURA DA SOJA.**

CURITIBA

2024

LEANDRO CASSOU ERTHAL

**ANÁLISE COMPARATIVA DE TRATAMENTOS LUBRIFICANTES DE SEMENTES
UTILIZANDO TALCO, SÍLICA E GRAFITE NA CULTURA DA SOJA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia do Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Professor Dr. Samir Paulo Jasper

CURITIBA

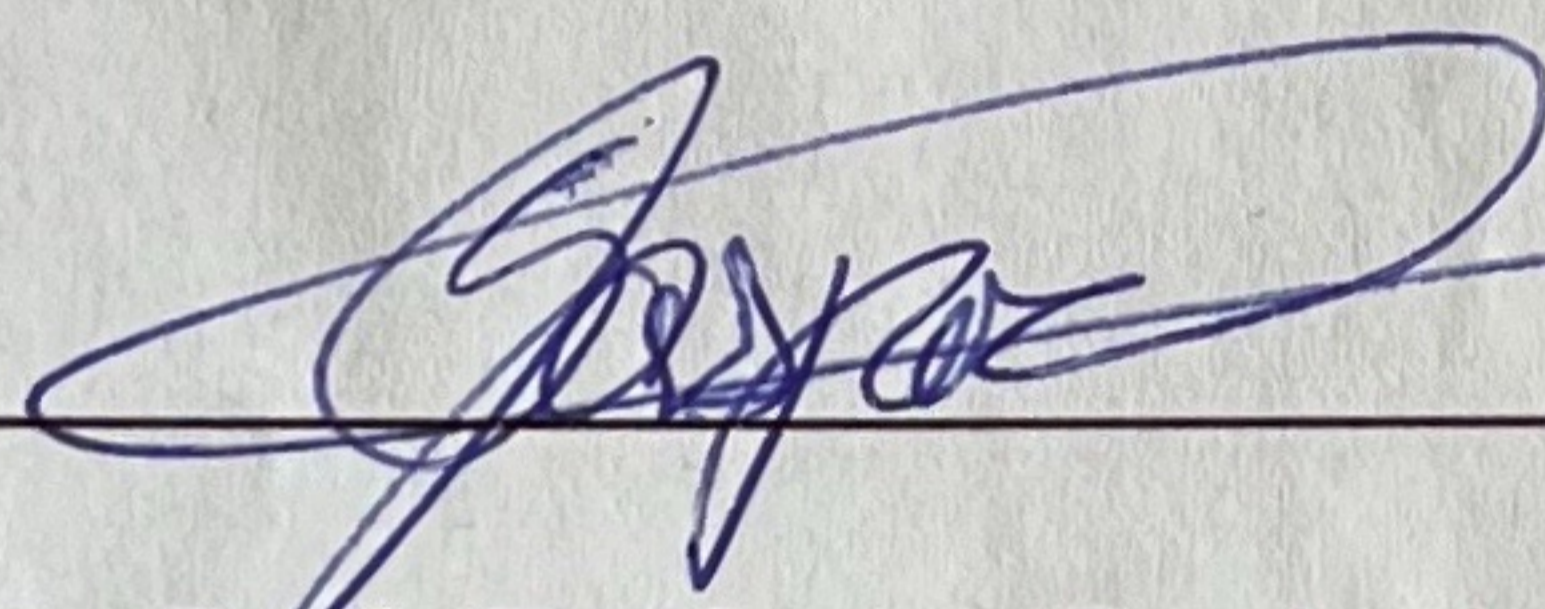
2024

TERMO DE APROVAÇÃO

LEANDRO CASSOU ERTHAL

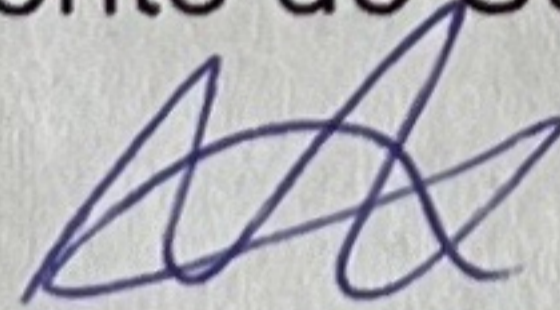
ANÁLISE COMPARATIVA DE TRATAMENTOS LUBRIFICANTES DE SEMENTES
UTILIZANDO TALCO, SÍLICA E GRAFITE NA CULTURA DA SOJA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.



Prof. Dr. Samir Paulo Jasper

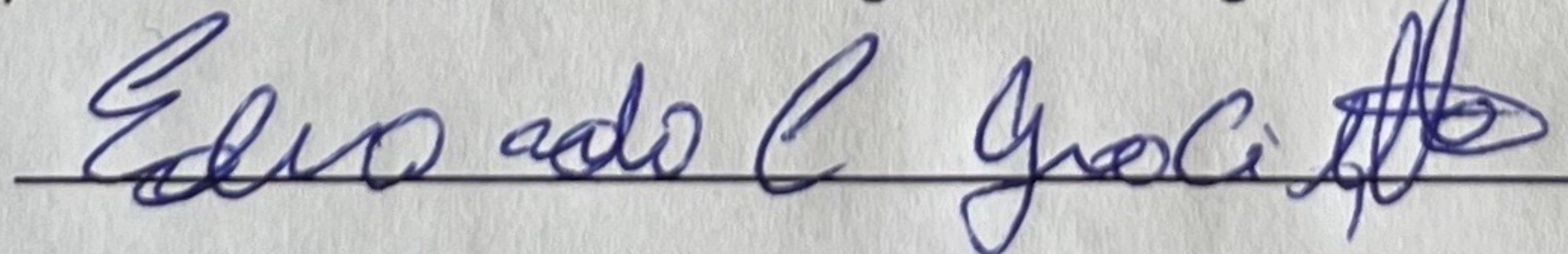
Orientador – Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR



William Santiago de Mendonça

Eng. Agrônomo

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR.



Eduardo Alves Gracietti

Eng. Agrônomo

Departamento de Solos em Engenharia Agrícola, UFPR

Curitiba, 13 de Dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de ter vivido tudo isso, e me guiar em todo meu caminho da melhor maneira possível, aprendendo com os erros e me protegendo em todos os momentos.

A minha família, em especial a minha mãe Ledani Andiará Cassou Erthal e ao meu pai Roberto Geraldo Erthal por sempre estarem ao meu lado, me apoiando nos momentos mais difíceis, e me incentivando e encorajando a continuar.

Aos meus amigos que a universidade me trouxe e vou levar para a vida toda, que tornaram essa passagem muito mais tranquila e leve de ser vivida.

Ao meu orientador Professor Dr. Samir Paulo Jasper, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado e me orientar durante todas as etapas do projeto, além dos ensinamentos e bons momentos compartilhados.

Aos membros do Laboratório de Adequação de Tratores Agrícolas (LATA)-UFPR, em especial ao William Santiago de Mendonça pelos auxílios em todas as etapas do trabalho.

E a todos que de alguma forma foram presentes no meu dia a dia, e fizeram tudo se tornar mais especial.

RESUMO

A distribuição uniforme de sementes é um fator essencial para garantir o estande ideal e o bom desenvolvimento inicial das culturas. Este estudo avaliou a influência de diferentes tratamentos de sementes (Talco, Sílica, Grafite e Testemunha) na cultura da soja, em uma velocidade de semeadura de 7,0 km/h. Foram analisados os espaçamentos aceitáveis, duplos e falhos, além do coeficiente de variação (CV) e índice de precisão (IP). Os resultados indicaram que o Talco foi o tratamento mais eficiente, com o maior percentual de espaçamentos aceitáveis (93,66%) e o menor CV (25,79%) e IP (18,92%). O Grafite e a Testemunha apresentaram desempenhos intermediários e similares devido ao dosador ter se comportado bem e a velocidade empregada, enquanto a Sílica foi a menos eficiente, destacando-se pelo maior índice de precisão e coeficiente de variação. Conclui-se que o tratamento com Talco nestas condições utilizadas no experimento foi o mais indicado para promover a uniformidade na distribuição de sementes, contribuindo para a melhoria da eficiência do plantio na cultura da soja.

ABSTRACT

Uniform seed distribution is an essential factor in guaranteeing the ideal stand and good initial crop development. This study evaluated the influence of different seed treatments (Talc, Silica, Graphite and Control) on the soybean crop, at a sowing speed of 7.0 km/h. Acceptable, double and failed spacings were analyzed, as well as the coefficient of variation (CV) and precision index (PI). The results indicated that Talc was the most efficient treatment, with the highest percentage of acceptable spacings (93.66%) and the lowest CV (25.79%) and IP (18.92%). Graphite and Witness showed intermediate and similar performances due to the metering device behaving well and the speed used, while Silica was the least efficient, standing out for its higher precision index and coefficient of variation. It can be concluded that the Talc treatment under the conditions used in the experiment was the most suitable for promoting uniform seed distribution, helping to improve the efficiency of soybean planting.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	<u>8</u>
2 OBJETIVOS	<u>10</u>
2.1 OBJETIVO GERAL	<u>10</u>
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<u>10</u>
3 REVISÃO DE LITERATURA	<u>11</u>
3.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA SOJA	<u>11</u>
3.2 OPERAÇÃO DE SEMEADURA E SUA REPRESENTATIVIDADE NA..... PRODUÇÃO DE GRÃOS	<u>12</u>
3.3 SEMEADURA MECANIZADA E MECANISMO DOSADOR..... PNEUMÁTICO	<u>13</u>
3.4 PLANTABILIDADE E TRATAMENTOS DE SEMENTES	<u>15</u>
3.5 ENSAIOS EM BANCADAS E AMBIENTES CONTROLADOS.....	<u>18</u>
4 MATERIAIS E MÉTODOS	<u>19</u>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA BANCADA ESTÁTICA.....	<u>19</u>
4.2 ARRANJO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DOS ENSAIOS.....	<u>20</u>
4.3 PARÂMETROS AVALIADOS	<u>21</u>
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	<u>23</u>
6 CONCLUSÃO	<u>28</u>
7 REFERÊNCIAS	<u>29</u>

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja tem desempenhado um papel crucial no cenário agrícola brasileiro desde sua introdução em 1882. Inicialmente cultivada como uma forrageira para rotação de culturas, a soja rapidamente se destacou devido ao seu alto teor de óleo e proteínas, tornando-se a principal cultura do país. Este crescimento foi impulsionado por avanços em biotecnologia, melhoramento genético, e mecanização agrícola, que aumentaram significativamente a produtividade e a adaptabilidade da soja às diversas condições edafoclimáticas do Brasil (MICHTA et al., 2023).

A importância econômica da soja é inegável, não apenas por sua contribuição direta ao PIB agrícola, mas também pela geração de empregos e estímulo a outros setores econômicos. Com uma estimativa de produção de 166,14 milhões de toneladas para a safra de 2024/25, a soja representa mais de 50% da produção de grãos do país, destacando-se como uma commodity de alta liquidez e demanda global (CONAB, 2024).

A semeadura e a deposição correta de sementes são fundamentais para o êxito da cultura da soja. A instalação adequada das plantações é crucial para assegurar um bom crescimento inicial das plantas e, conseqüentemente, uma colheita abundante. Neste contexto, uma semeadura de alta qualidade afeta diretamente o número de plantas que surgem no campo, levando, conseqüentemente, a um estande ideal (FISS et al., 2018).

Os dosadores pneumáticos têm se sobressaído entre os vários mecanismos existentes por suas vantagens. Esse tipo de dosador usa o ar como veículo para distribuir as sementes, possibilitando um controle exato da quantidade de sementes depositadas em cada local da lavoura, além de causar menos danos mecânicos às sementes. Esses sistemas pneumáticos de distribuição de sementes possibilitam a diminuição de falhas na deposição ao elevar a geração de vácuo no sistema. Isso intensifica a aderência das sementes aos orifícios do disco vertical e reduz a remoção das sementes de seus lugares adequados pelos gatilhos singularizadores (MADALUZ et al., 2020).

É fundamental a habilidade de distribuir sementes de maneira homogênea no solo para maximizar a produtividade das plantações, e os lubrificantes têm papel importante nisso. Segundo a Petronas (2007) os lubrificantes são encontrados em vários estados, sendo eles sólidos, líquidos, gasosos e pastosos. Entre os

lubrificantes sólidos, os mais comuns são a grafite, bissulfeto de molibdênio, talco e mica. A aplicação de grafite nos tratamentos de sementes aumenta a capacidade de germinação ao minimizar obstruções e defeitos. Isso assegura uma distância uniforme entre as plantas, favorecendo um desenvolvimento homogêneo. Ademais, essa eficácia reduz a demanda por replantio, poupando tempo e recursos. Assim, é crucial para a agricultura investir em práticas que melhorem essa eficiência (MOTA et al., 2024).

O talco, um mineral de abundância natural, emergiu como um lubrificante sólido promissor graças às suas características exclusivas. Pesquisas recentes, ressaltam a sua eficiência na diminuição da fricção e do desgaste em diversas aplicações. Devido ao seu baixo coeficiente de fricção, o talco apresenta um coeficiente de atrito de cerca de $0,10 \pm 0,02$, diminuindo consideravelmente o atrito em relação aos lubrificantes convencionais. Também as suas características hidrofóbicas auxiliam na redução da adesão e na dissipação de energia, o que eleva a sua eficácia na lubrificação (VASIĆ et al., 2021).

Sobre a sílica em pó ela possui um alto poder de absorção de umidade, o que pode ser vantajoso em locais úmidos, auxiliando na manutenção da secagem das sementes. Não interage com a maioria dos compostos, o que significa que não terá impacto negativo no tratamento químico das sementes. Sua estrutura porosa possibilita a absorção eficaz da umidade, com alguns estudos sugerindo que o gel de sílica natural pode superar as versões sintéticas em certas circunstâncias (FAHMI & NURFALAH, 2016).

Estudos com mecanismos dosadores de semente pneumático em ambiente controlado se apresentam como ferramenta na busca por inovações na semeadura mecanizada da soja, bem como na solução de desafios relacionados ao desempenho (JASPER et al., 2009). O foco em lubrificantes alternativos, sem exploração expressiva na literatura, tem potencial para favorecer o entendimento do comportamento destes no desempenho da operação. Este trabalho busca explorar as inovações e desafios na semeadura mecanizada da soja, com ênfase em opções de lubrificantes que não foram analisadas anteriormente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficácia de diferentes tratamentos de sementes (talco, sílica e grafite) na uniformidade do fluxo de sementes de soja na semeadura.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar a influência dos tratamentos de sementes na taxa de fluxo de sementes na velocidade de semeadura de 7km/h.

Avaliar a uniformidade de distribuição foram: porcentagem de espaçamentos aceitáveis (E_A), duplos (E_D) e falhos (E_F); coeficiente de variação (C_V) e índice de precisão (I_P).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA SOJA

Os primeiros estudos com soja no Brasil, para obtenção de cultivares adequados, se iniciaram em 1882, quando a cultura chegou no país. O propósito era implementar uma forrageira que pudesse ser utilizada na rotação de culturas. Através de ferramentas como o melhoramento genético, produtos fitossanitários, fertilizantes e a mecanização, a produtividade cresceu desde então, o que tornou a soja a principal cultura produzida no território nacional (MICHTA et al., 2023).

A grande expansão na produção global de soja pode ser creditada à tecnologia de biotecnologia. Vários fatores, entre os quais se destacam: o alto conteúdo de óleo (cerca de 20%) e proteínas (cerca de 40%) de alta qualidade que foram identificadas na semente. A soja é uma mercadoria padronizada e homogênea, podendo, portanto, ser comercializada por produtores de várias nações, possui uma liquidez elevada e demanda significativa. O crescimento da oferta de tecnologias de produção, possibilitaram este crescimento alarmante. (LAZZAROTTO & HIRAKURI, 2010).

O vasto potencial de exportação da soja e sua notável adaptação às variadas condições edafoclimáticas brasileiras estimularam a sua produção em todas as áreas do país. Vários elementos contribuem para a relevância da soja no cenário agrícola do Brasil. Além de gerar milhares de empregos diretos e indiretos, sua produção tem estimulado outros setores da economia (ROCHA et al., 2018).

A soja tem sido cultivada em diversas condições ambientais no Brasil. Desde áreas frias, com altitudes acima de 1200 m, até áreas quentes, com altitudes e latitudes baixas, resultando em diversos potenciais para investimentos. produção da semente de oliva. Neste cenário, a avaliação da dinâmica da área é essencial. A produção e a produtividade de grãos são fundamentais para coordenar as atividades de pesquisa e transferência de tecnologia em diversas áreas. regiões produtoras de soja (BALBINOT JUNIOR et al., 2017).

A estimativa para a safra de grãos em 2024/25 indica um volume de produção de 322,53 milhões de toneladas, onde a soja possui 166,14 milhões representando 51,51% do total do país. As projeções levam para um aumento na área plantada em torno de 2,6%, chegando a 47,36 milhões de hectares. As condições climáticas, nesse

período inicial, vêm favorecendo as atividades de preparo do solo e a semeadura, que já atinge 66,1%, acima do percentual semeado na última safra no mesmo período (CONAB, 2024).

Um fator que contribuiu muito para a expansão da soja no Brasil foi a implantação do manejo integrado de pragas, controlando os principais insetos causadores de danos econômicos na cultura. Nesse sentido, merece destaque o início do uso de fungicidas a partir da década de 90 para o controle das principais doenças. Essas duas tecnologias ganharam importância desde a implantação da cultura através do tratamento de sementes (FREITAS, 2011).

Outro setor que vem avançado de forma expressiva é o de máquinas e implementos agrícolas, onde vem promovendo a modernização e aperfeiçoamento das operações de cultivo, tornando-as mais eficientes. Além disso, a adoção de biotecnologia com sementes transgênicas de soja resistente ao herbicida Roundup Ready (RR) da Monsanto, já atinge mais de 70% da área cultivada com soja no Brasil (VENCATO et al., 2010).

3.2 OPERAÇÃO DE SEMEADURA E SUA REPRESENTATIVIDADE NA PRODUÇÃO DE GRÃOS

A qualidade da operação de semeadura, bem como o correto funcionamento dos mecanismos envolvidos, está diretamente ligada a distribuição uniforme das plantas no campo, e aos primeiros componentes de rendimento da cultura. Sendo assim, é primordial que a semeadura seja conduzida de forma adequada, assegurando que as plantas tenham espaço suficiente para crescer, reduzindo a competição por luz, água e nutrientes. Tendo influência direta na germinação e no vigor inicial das plantas (SILVA, 2019).

Recentemente, o progresso tecnológico trouxe melhorias notáveis nos dispositivos de semeadura. As máquinas atuais possuem sistemas precisos que possibilitam modificações na profundidade e no espaçamento das sementes, além de acompanharem a velocidade de semeadura em tempo real. Essas tecnologias contribuem para otimizar a utilização de sementes e insumos, melhorando a eficácia operacional e diminuindo despesas (GOMES et al., 2020).

A operação de plantio afeta diretamente a produtividade final do cultivo. Falhas na semeadura, como a distribuição desigual das sementes ou a falta de profundidade,

podem levar a problemas na germinação e ao crescimento desproporcional das plantas. Isso pode resultar em uma diminuição considerável na produtividade e na qualidade dos grãos produzidos. Assim, a precisão na semeadura é crucial para potencializar a produtividade das culturas (FERREIRA, 2020).

Apesar dos avanços tecnológicos, a operação de semeadura ainda enfrenta desafios, como a variabilidade das condições do solo e do clima, que podem afetar o desempenho das máquinas e a germinação das sementes. Além disso, a escolha correta das sementes e o manejo adequado do solo são fatores críticos que devem ser considerados para garantir o sucesso da semeadura (MENDES e ROCHA, 2020).

O ato de semear é essencial na produção de grãos, afetando diretamente a produtividade e a qualidade do produto final. A aplicação de tecnologias de ponta e a gestão correta das técnicas de plantio são fundamentais para aprimorar o processo e assegurar o êxito da colheita. Com o aumento da procura por eficiência e sustentabilidade na agricultura, a semeadura continuará sendo um campo prioritário para inovações e aprimoramentos (CARVALHO et al., 2022).

3.3 SEMEADURA MECANIZADA E MECANISMO DOSADOR PNEUMÁTICO

Na modernização da agricultura, a operação agrícola é um elemento crucial. A semeadura foi uma das primeiras atividades mecanizadas, desempenhando um papel crucial no sucesso produtivo das lavouras. O êxito da operação está atrelado a uma alta competência técnica nos aspectos ligados à plantabilidade, que engloba o domínio da máquina de semear, da preparação do solo, da cultura e das sementes, além de habilidades em recursos humanos e tecnologia da informação. Segundo os autores, negligenciar qualquer um dos elementos pode prejudicar a capacidade produtiva da cultura (LOPES, 2021).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) categoriza as máquinas de semeadura como semeadora ou semeadora-adubadora. Essas classificações diferem apenas pela ausência de depósito e mecanismos dosadores de sementes, ou também pela presença de depósito e mecanismos dosadores de adubo, conforme o caso.

Ainda existem subcategorias para as semeadoras ou semeadoras-adubadoras, como precisão ou fluxo contínuo. Definem-se como máquinas de precisão aquelas que distribuem as sementes individualmente no sulco de semeadura

e a uma distância fixa, de acordo com a densidade de semeadura predeterminada. (JÚNIOR et al., 2014).

Distribuir sementes uma a uma pelas máquinas é a função realizada por mecanismos dosadores, com isso existem diferentes tipos de mecanismos dosadores de precisão: disco horizontal ou mecânicos e pneumáticos. Ambos têm a função de dosar as sementes armazenadas em um reservatório, sem prejudicá-las, e distribuí-las de maneira homogênea nos sulcos escavados no solo. Em semeadoras de precisão, as sementes são direcionadas ao sulco de plantio através de tubos condutores, logo após serem liberadas pelos sistemas de dosagem de sementes (MACHADO & REYNALDO, 2017).

O dosador de disco horizontal tem um custo reduzido e é amplamente utilizado no Brasil. O disco é formado por alvéolos vazados circulares ou de formatos especiais com furos, que estão concentrados nas bordas do disco. De acordo com a máquina, esse dosador pode ser instalado na vertical ou na inclinação, mas geralmente é posicionado na parte inferior do reservatório de sementes na horizontal. Seu funcionamento é baseado na rotação do disco. Cada furo deve ser preenchido com uma semente, que é distribuída por um tubo que conduz as sementes até o sulco de plantio (PORTELLA, 1997).

O dosador pneumático emprega uma corrente de ar succionado, gerada através de uma turbina de ar. Por meio da sucção de ar, as sementes são retidas pelos alvéolos do disco, que possuem um diâmetro um pouco inferior ao das sementes. Com as sementes aderidas aos alvéolos através da sucção de ar e ao mesmo tempo que o disco gira, elas são liberadas quando, na posição do tubo condutor, a sucção é interrompida, sendo conduzidas por gravidade até o sulco de plantio (MACHADO et al., 1996).

FIGURA 1. MECANISMOS DOSADORES DE SEMENTES PNEUMÁTICOS



FONTE: J. Assy® (2020).

3.4 PLANTABILIDADE E TRATAMENTOS DE SEMENTES

Plantabilidade refere-se à distribuição correta e uniforme das sementes no sulco de plantio, respeitando a densidade e profundidade ideais necessárias para o adequado estabelecimento e desenvolvimento saudável da cultura. Erros no estande podem resultar em uma utilização insuficiente e ineficaz da radiação solar, água e nutrientes essenciais, restringindo assim a produtividade dos grãos e comprometendo o potencial máximo da colheita. (FISS et al., 2018).

Com isso, a análise dos níveis de ocorrência de espaçamentos duplos e falhas no sulco de semeadura é crucial para avaliar a eficácia na distribuição de sementes. Ele se baseia em parâmetros como: percentuais de espaçamento aceitável (AS), dupla deposição (DD) e deposição com falhas (FD); coeficiente de variação (CV) e índice de precisão (IP) (Savi et al., 2021).

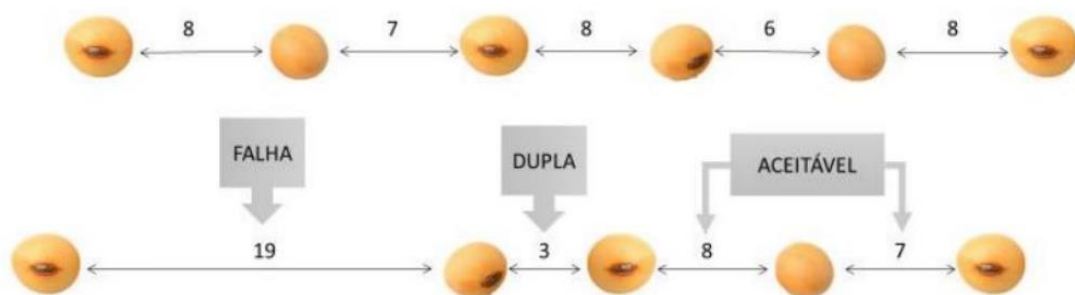
Mikhail e Ackermann (1976) definem acurácia como a relação entre uma estimativa e seu parâmetro (ou valor real), enquanto precisão indica a consistência da grandeza medida com a média. Estes escritores adicionam que a acurácia representa a proximidade de uma variável estatística com o valor do parâmetro para o qual foi calculada, e que a precisão está diretamente associada à dispersão da distribuição das observações.

O Coeficiente de Variação (CV) é um indicador relevante da variabilidade dos resultados de experimentos, sendo útil para estabelecer o número de repetições do experimento, necessário para identificar uma discrepância entre as médias de

tratamentos com uma certa probabilidade. Os CV estão diretamente ligados ao erro residual nas análises de variância (PIMENTEL-GOMES, 2009; NESI et al., 2010).

Se identifica um espaçamento duplo quando a colocação de sementes consecutivas não excede 0,5 vezes o espaçamento pretendido. Por outro lado, o espaçamento inadequado acontece quando a deposição excede 1,5 vezes o espaço pretendido. Dentro dessas categorias, o espaço é visto como aceitável (ISO 7256/1, 1984).

FIGURA 2. ESPAÇAMENTOS ACEITAVEIS, DUPLOS E FALHOS



FONTE: Adaptado de Savi (2021).

O tratamento de sementes é um procedimento agrícola que consiste na aplicação de agentes químicos, biológicos ou físicos às sementes antes do plantio, com o intuito de protegê-las contra pragas, doenças e condições adversas do solo. Este tratamento pode incluir o uso de fungicidas, inseticidas, visando melhorar a germinação e o vigor inicial das plantas. Além de proteger as sementes, promove um crescimento mais uniforme e saudável das plantas. Resultando um aumento do rendimento da cultura (CARVALHO et al., 2022).

Além do uso de agentes químicos protetores, como fungicidas e inseticidas, agricultores aplicam nas sementes elementos como agentes de fluidez, pigmentos e microrganismos que auxiliam na fixação biológica de nitrogênio. O tratamento químico pode aumentar a espessura das sementes, dificultando o enchimento dos discos alveolares, resultando em danos e falhas na semeadura. A adição de grafite, que possui propriedades lubrificantes inertes, é uma solução comum na agricultura para reduzir o atrito e melhorar a fluidez das sementes. (PEREIRA et al., 2021).

Os lubrificantes sólidos possuem algumas vantagens sobre os líquidos, pois possuem maior adesão e são mais fáceis de aplicar, entre outros benefícios. Os lubrificantes sólidos, também são conhecidos como lubrificantes a seco, sem um meio líquido, estes são capazes de proporcionar lubrificação mesmo em estado sólido (SETRAL, 2014). São compostos por quatro materiais comuns, que são o nitreto de boro, grafite, bissulfeto de molibdênio, politetrafluoretileno (PTFE), e outros materiais menos comuns, tais como bissulfeto de tungstênio, talco, fluoreto de cálcio, silicone e fluoreto de cério.

Segundo a Petronas (2007) os lubrificantes são encontrados em vários estados, sendo eles sólidos, líquidos, gasosos e pastosos. Entre os lubrificantes sólidos, os mais comuns são a grafite, bissulfeto de molibdênio, talco e mica.

A capacidade de distribuir sementes uniformemente no solo é crucial para maximizar o rendimento das culturas. O uso de grafite nos tratamentos de sementes melhora a plantabilidade ao reduzir entupimentos e falhas. Isso garante um espaçamento consistente entre as plantas, promovendo um crescimento uniforme. Além disso, essa eficiência diminui a necessidade de replantio, economizando tempo e recursos. Portanto, investir em práticas que aprimorem essa eficiência é vital para a agricultura (MANTOVANI et al., 1999).

A eficácia da semeadura está totalmente relacionada à diminuição do atrito entre as sementes, pois o excesso de atrito pode resultar em espaçamentos desiguais e danos mecânicos. A aplicação de grafite como lubrificante sólido tem se mostrado uma solução eficiente para minimizar essas questões, favorecendo uma distribuição homogênea das sementes e aprimorando o espaço entre as plantas. Além disso, essa prática pode aumentar significativamente o rendimento da soja, especialmente em velocidades de semeadura mais altas (PEREIRA et al., 2021; SAVI et al., 2022; MOTA et al., 2024).

O talco é um mineral naturalmente abundante, surgiu como um lubrificante sólido promissor devido às suas propriedades únicas. Estudos recentes como Vasić et al., (2021) destacam a sua eficácia na redução da fricção e do desgaste em várias aplicações, por possuir coeficiente de fricção baixo o talco exibe um baixo coeficiente de atrito de aproximadamente $0,10 \pm 0,02$, reduzindo significativamente o atrito em comparação com os lubrificantes tradicionais. Também suas propriedades hidrofóbicas contribuem para uma menor adesão e dissipação de energia, aumentando a sua eficiência de lubrificação.

A sílica em pó tem uma alta capacidade de absorver umidade, o que pode ser benéfico em ambientes úmidos, ajudando a manter as sementes secas. Resiste bem a variações de temperatura, o que pode ser útil em condições de plantio que envolvem calor. Não reage com a maioria dos compostos, o que significa que não afetará negativamente o tratamento químico das sementes, e a estrutura porosa da sílica permite-lhe absorver a umidade de forma eficiente, com alguns estudos a indicarem que o gel de sílica natural pode superar as variantes sintéticas em determinadas condições (FAHMI & NURFALAH, 2016).

3.5 ENSAIOS EM BANCADAS E AMBIENTES CONTROLADOS

Ensaio, testes ou simulações são passos cruciais na concepção e validação de componentes ou sistemas mecânicos de maior complexidade, com o objetivo de compreender ou compreender dados como: tempo de vida útil, pontos de desgaste ou fadiga, desempenho funcional ou conformidade com normas (WALKER & STEFANELLO, 2018).

Os testes em laboratório são conduzidos com a ajuda de bancadas que simulam as condições de operação sob as quais a máquina realiza a semeadura no campo. Identificaram que o uso de bancadas no processo de semeadura tem sido o recurso utilizado por empresas produtoras de sementes e discos dosadores para sugerir a escolha mais adequada para cada remessa de sementes (JASPER et al., 2009).

O desenvolvimento de um sistema de monitoramento de falhas de semeadura e de alta precisão é um dos pontos mais importantes no campo da pesquisa de semeadura. Para compreender de forma clara e intuitiva as informações da semeadura de sementes pequenas por sucção de ar, é muito importante desenvolver uma bancada de testes para dispositivos de medição de sucção de ar para sementes pequenas e um sistema de monitoramento da qualidade da semeadura (WEIPENG et al., 2024).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA BANCADA ESTÁTICA

A fim de investigar a comparação de tratamentos de sementes com talco, sílica e grafite, foi empregada a bancada estática de semeadura descrita no estudo conduzido por Savi et al. (2020). Essa bancada (FIGURA 3) proporciona a simulação da distribuição das sementes no sulco de semeadura. O processo de acionamento do mecanismo dosador de sementes foi por meio do motoredutor de 0,25 kW (Sew Eurodrive®). Para o controlar a rotação do motoredutor utilizou-se inversor de frequência modelo CFW300 Weg®.

FIGURA 3. BANCADA ESTÁTICA DE SIMULAÇÃO



FONTE: GRACIETTI (2023).

O mecanismo dosador pneumático utilizado no experimento foi o modelo Selenium Elétric (J. Assy®), com disco de 60 furos, com diâmetro do furo de 4mm. O mecanismo dosador operou com a configuração de vácuo de 4,482 a 4,980 kPa, gerado a partir do compressor radial modelo CR-3 IBRAM (Brazilian Machinery Industry®), com capacidade máxima de vazão $0,02 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e vácuo de 12,75 kPa.

A avaliação da dinâmica de distribuição singular das sementes ocorreu por meio de sistema de medição utilizando sensor óptico reflexivo de proximidade infravermelho, modelo E18-D80NK (OEM®), alocado na porção final da esteira condutora. Este dispositivo é separado em dois componentes, sendo uma unidade emissora que é responsável por irradiar a luz infravermelha, e outra unidade receptora incumbida de captar a luz emitida pelo receptor, criando-se um feixe luminoso.

Durante a passagem e interceptação completa do feixe de luz infravermelho pela semente, ocorre a reflexão de luz para o receptor e identificação do tempo exato do evento (Kumar & Raheman, 2018). Aliado a este, outro sensor do tipo infravermelho foi posicionado na roda dentada (16 dentes) presente no rolete que aciona a esteira, mensurando a velocidade simulada.

Os sensores ópticos de posição foram do modelo PM 400 (Dickey John®), contendo três LEDs como fonte de luz e um sensor fotoelétrico operando no princípio de célula fotovoltaica, controlando a largura de leitura do tubo condutor.

A bancada dispõe do sistema de aquisição de dados (SAD), com placa de circuito impresso projetado em software Proteus 8.1 (Labcenter Electronics®), confeccionado em fresadora LPKF Protomat 93s. Conectado a um microcontrolador modelo AT mega 328 (Atmel®) contendo oito entradas analógicas e 14 entradas/saídas digitais programadas por software, bem como uma porta de comunicação/alimentação USB, velocidade do Clock de 16 MHz e conversor analógico para digital de 10 bits. A frequência de aquisição de um hertz foi atrelada a passagem de semente, mensurada por sensores ópticos ligados ao SAD. Os dados foram transferidos e armazenados em disco rígido.

4.2 ARRANJO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DOS ENSAIOS

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, fatorial duplo, sendo avaliado os diferentes tratamentos de semente: Talco, sílica, grafite e (testemunha); foi utilizado 5g kg⁻¹ de semente em cada tratamento e seguindo a velocidade de distribuição de (V) 7,0 km h⁻¹. Cada tratamento correspondeu à sete repetições de 250 espaçamentos, totalizando 7000 unidades experimentais (ISO 7256/1, 1984).

A duração da coleta de dados correspondeu a deposição de duas mil sementes, das quais cada repetição a partir da porção mediana da coleta para

posterior análise estatística. A densidade alvo de semeadura foi mantida constante devido ao ajuste da taxa de deposição. A calibração foi realizada por meio da correlação entre a frequência elétrica disponibilizada pelo inversor e o número de sementes depositadas por segundo.

As sementes de soja utilizadas foram da cultivar nidera 5933, com pureza e taxa de germinação mínima de 99% e 80%, considerando um espaçamento entre linha de 0,5 metros, a densidade de semeadura de 230.000 sementes ha⁻¹, resultou num espaçamento entre sementes de 0,087 metros. O peso de 1000 sementes foi de 186g.

4.3 PARÂMETROS AVALIADOS

Os parâmetros analisados para a avaliação da homogeneidade de distribuição foram: porcentagem de espaçamentos aceitáveis (E_A), duplos (E_D) e falhos (E_F); coeficiente de variação (C_V) e índice de precisão (I_P). Os indicadores de desempenho referentes à semeadora foram avaliados utilizando os critérios fornecidos na Tabela 1 (ISO 7256/1., 1984).

Tabela 1. Valores limitantes dos critérios para classificação do desempenho das semeaduras de precisão

Espaçamentos (%)			Classificação
E _A	E _D	E _F	
>98,6	<0,7	<0,7	Excelente
>90,4 a 98,6	≥0,7 a <4,8	≥0,7 a <4,8	Boa
≥82,3 a ≤90,4	≥4,8 a ≤7,7	≥4,8 a ≤10,0	Regular
<82,3	>7,7	>10,0	Insatisfatório

O I_P declara a variabilidade da distribuição em relação ao espaçamento teórico (Eq. 1), desconsiderando os E_D e E_F, fazendo com que, maiores valores de I_P declaram maior desuniformidade de distribuição em relação ao espaçamento desejado. Não devendo exceder o limite superior de 29%, sugerido para semeadoras de precisão (NEJADI e RAOUFAT, 2013).

$$I_p = \left(\frac{\sigma}{X_{ideal}} \right) \times 100$$

em que:

I_p – índice de precisão, %;

σ – desvio padrão dos espaçamentos aceitáveis, m; e,

X_{ideal} – espaçamentos esperados, m.

Os dados coletados foram submetidos ao teste de médias SNK para todas as variáveis.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

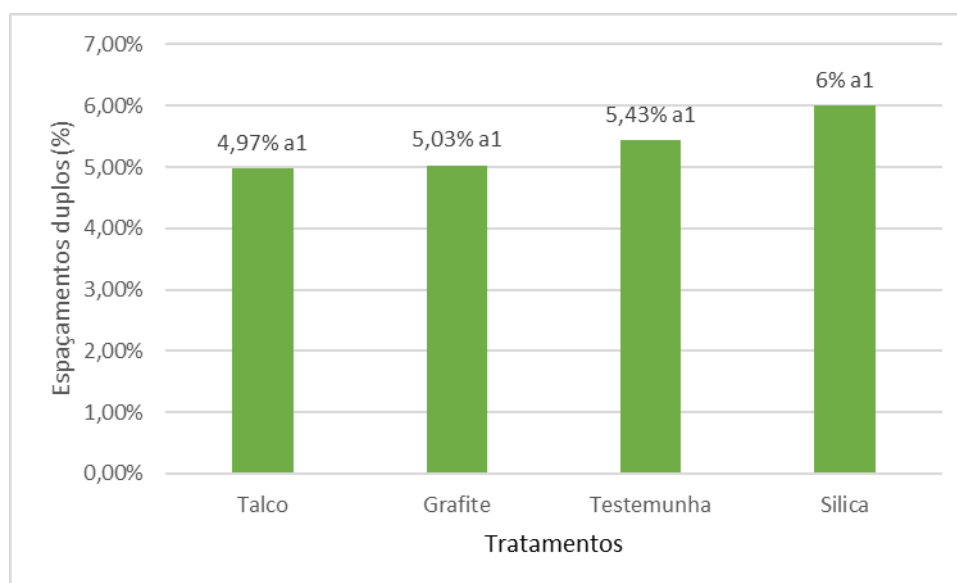
Conforme os dados da (Tabela 2) a seguir nos mostra os resultados gerados a partir de uma análise feita utilizando o teste de médias SNK.

Tabela 2. Valores (em %) para os parâmetros avaliados em cada tratamento.

Tratamento	Duplas	Falhas	Aceitáveis	IP	CV
Talco	4,97% a1	1,37% a1	93,66% a2	18,92% a1	25,79% a1
Grafite	5,03% a1	2,17% a1 a2	92,8% a1 a2	20,54% a1 a2	27,73% a1 a2
Testemunha	5,43% a1	2,00% a1 a2	92,57% a1 a2	20,8% a1 a2	28,26% a1 a2
Silica	6,00% a1	2,69% a2	91,31% a1	22,37% a2	30,36% a2

Médias seguidas de mesma letra e número não diferem entre si, de acordo com o teste SNK

FIGURA 4 - ESPAÇAMENTOS DUPLOS

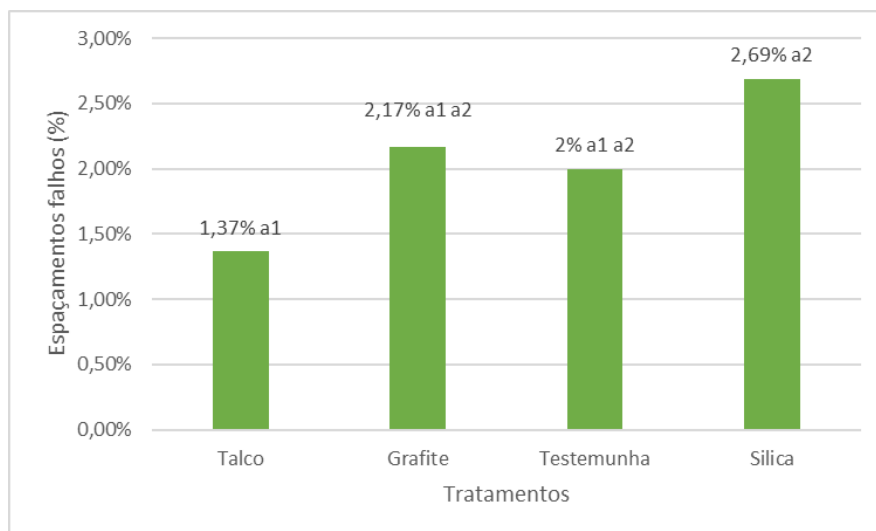


Médias seguidas de mesma letra e número não diferem entre si, de acordo com o teste SNK

Os espaçamentos duplos indicam ocorrências de sementes depositadas muito próximas, o que pode gerar competição entre plantas. Os tratamentos não apresentaram diferença em relação a uniformidade na deposição de sementes.

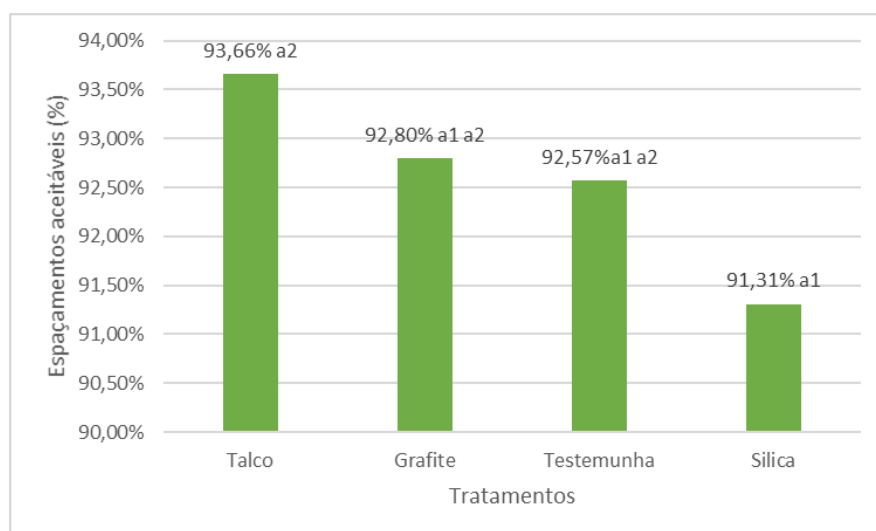
Ao analisar os resultados dos duplos, vemos que apesar da sílica apresentar um valor um pouco acima dos demais tratamentos, não existe uma diferença estatística entre eles. Dessa forma os tratamentos foram todos iguais.

FIGURA 5 - ESPAÇAMENTOS FALHOS



Médias seguidas de mesma letra e número não diferem entre si, de acordo com o teste SNK

FIGURA 6 - ESPAÇAMENTOS ACEITÁVEIS



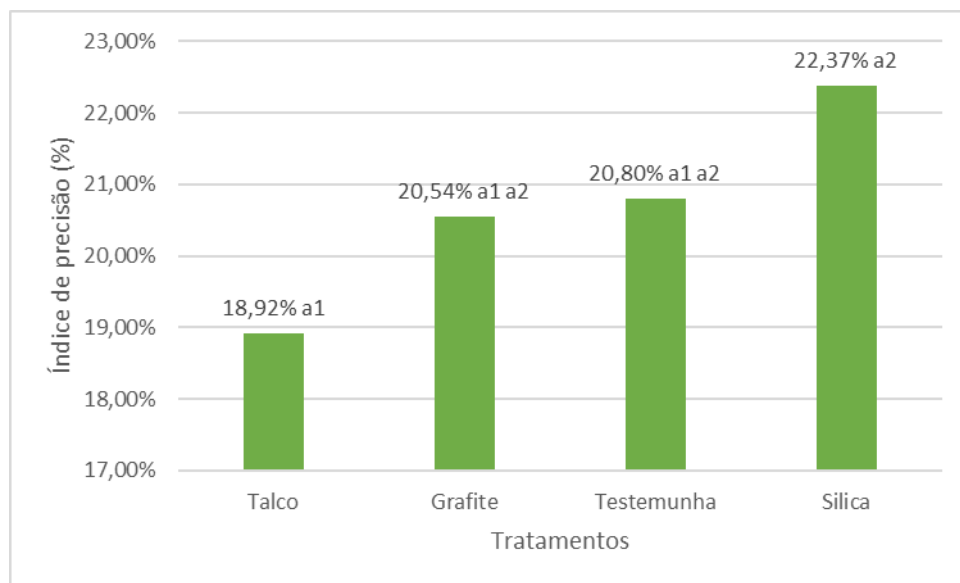
Médias seguidas de mesma letra e número não diferem entre si, de acordo com o teste SNK

Os espaçamentos aceitáveis, que refletem a conformidade com a distância ideal entre sementes, apresentaram maior percentual no tratamento com talco

(93,66%), seguido pelo grafite (92,80%) e pela testemunha (92,57%). O tratamento com sílica teve o menor desempenho (91,31%). Esses resultados indicam que o talco promove uma melhor distribuição longitudinal, com menor variabilidade. Essa eficiência pode ser atribuída às suas propriedades físicas, que reduzem o atrito e favorecem a fluidez das sementes (VASIĆ et al., 2021; SAVI et al., 2023).

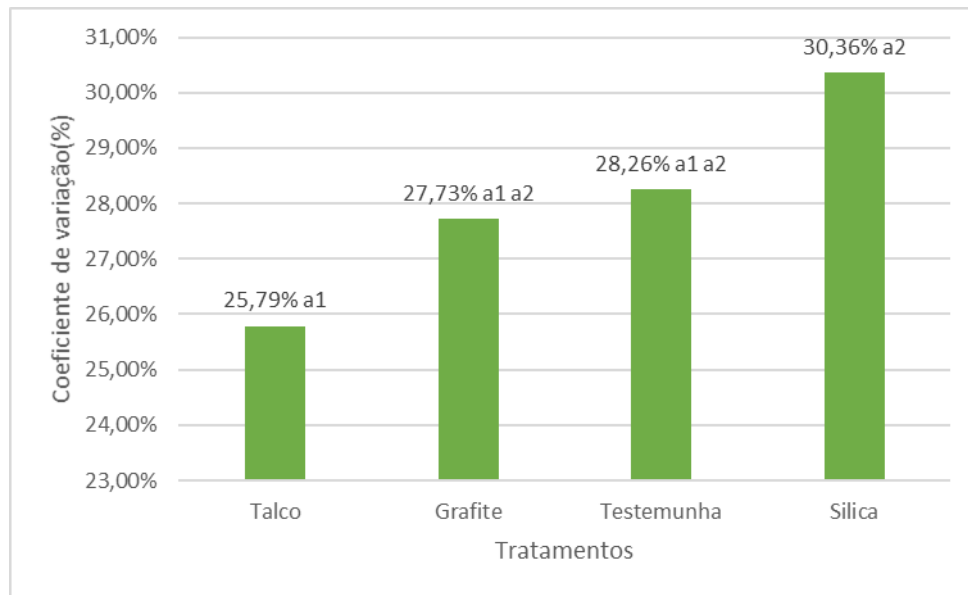
Em relação aos espaçamentos falhos, que refletem ausência de sementes, o tratamento com talco também apresentou o menor percentual (1,37%), seguido pelo grafite (2,17%) e pela testemunha (2,00%). A sílica registrou o maior índice (2,69%), evidenciando sua menor eficácia na deposição uniforme. A proximidade dos valores de Grafite e Testemunha sugere que o dosador pneumático utilizado no experimento operou de forma eficaz, o que trouxe precisão e acurácia, pelo seu mecanismo de funcionamento e velocidade ideal definida (ISO 7256/1, 1984; JÚNIOR et al., 2014).

FIGURA 7 - ÍNDICE DE PRECISÃO



Médias seguidas de mesma letra e número não diferem entre si, de acordo com o teste SNK

FIGURA 8 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO



Médias seguidas de mesma letra e número não diferem entre si, de acordo com o teste SNK

O índice de precisão (IP) indica o desvio em relação à distribuição ideal, com valores mais baixos indicando melhor desempenho, e o coeficiente de variação (CV) avalia a uniformidade na distribuição das sementes, sendo que valores menores indicam maior consistência (NESI et al., 2010).

O índice de precisão (IP) e o coeficiente de variação (CV) reforçam a superioridade do talco, que apresentou menor variabilidade na distribuição, estando dentro dos limites aceitáveis para semeadoras de precisão (ISO 7256/1, 1984). No entanto, o grafite demonstrou resultados próximos ao talco, evidenciando sua eficácia como lubrificante em condições de semeadura mecanizada (SAVI et al., 2023; MOTA et al., 2024). A sílica, por outro lado, revelou maior variabilidade, sugerindo que sua aplicação pode ser mais adequada em velocidades ou mecanismos dosadores diferentes.

Segundo Nejadi e Raoufat (2013) em todos os tratamentos realizados nesse experimento o IP foi considerado baixo, não excedendo o limite máximo de 29%.

Os resultados indicam que o tratamento com Talco apresentou o melhor desempenho geral, com os menores índices de espaçamentos duplos, falhos e CV, além do maior percentual de espaçamentos aceitáveis. Os tratamentos com Grafite e Testemunha obtiveram resultados intermediários, enquanto a Sílica foi o menos eficiente em todos os parâmetros avaliados.

Esses achados mostram que diferentes tratamentos se comportam diferente em resultados práticos, por isso a importância de se realizar estudos futuros utilizando esse Talco em outras velocidades e quantidades para assim poder se validar. E assim como MOTA et al. (2024) que diz sobre eficiência da semeadura estar diretamente ligada à redução do atrito entre as sementes, e o Grafite melhora esse desempenho, entretanto no caso desse experimento não desempenhou melhor na velocidade escolhida, dessa forma a sílica pode ter um potencial se assim testado em outras condições de velocidade, quantidade e diferentes mecanismos dosadores, também podendo ser usada em misturas com outros lubrificantes para melhorar certas propriedades, como a absorção de umidade e estabilidade térmica.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o tratamento das sementes tem influência significativa na qualidade da distribuição longitudinal durante a semeadura. Se tratando da velocidade utilizada no experimento de 7km/h o tratamento com Talco demonstrou o melhor desempenho geral, com maior uniformidade e menor variabilidade nos espaçamentos, sendo o mais indicado para promover estandes regulares. E com isso gera possibilidade de realizar experimentos futuros utilizando-o em outras velocidades e quantidades. Porém assim como o Grafite não desempenhou melhor nesta velocidade a sílica pode ter um potencial se assim testado em outras condições.

7 REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto da norma 04: 015.06 – 004: Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio**. São Paulo, 26p. 1994.

AL-HASHEMI, HM et al. Uma revisão sobre o ângulo de repouso de materiais granulares. **Powder technology**, v.330, n.1, p.397-417, 2018

BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio et al. **Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016)**. 2017.

CARVALHO, D. F.; LIMA, H. R.; SANTOS, P. Semeadura e sustentabilidade na produção de grãos. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 19, n. 2, p. 145-160, 2022.

CARVALHO, Ricardo Silva de et al. **Eficiência de fungicidas em mistura com inseticida no manejo de ferrugem asiática da soja**. 2022

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, segundo levantamento, 2024.

FAHMI, Hendriawan; NURFALAH, Abdul Latif. Analisa daya serap silika gel berbahan dasar abu sekam padi. **Jurnal Ipteks Terapan**, v. 10, n. 3, p. 176-182, 2016.

FERREIRA, L. M. **Efeitos da sementeira na produtividade de grãos**. **Agronomy Journal**, v. 18, n. 1, p. 112-125, 2021.

FISS, G.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; CASTELLANOS, C. I. S.; MENEGHELLO, G. E.; AUMONDE, T. Z. Produtividade e características agronômicas da soja em função de falhas na sementeira. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 61, n. 1, p. 1-7, 2018.

FREITAS, Márcio. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

GOMES, R. F.; Almeida, S. R; et al. Inovações tecnológicas na semeadura de grãos. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 15, n. 3, p. 210-225, 2020.

ISO 7256/1-1984(E) Standard, 1984. Sowing equipment-test methods e Part one, single seed drills (precision drills), 7256/1, **International Organisation for Standardization**. Geneva, Switzerland.

JASPER, R.; JUSTINO, A., MORGADO, C.B.; DYCK, R.; GARCIA, L.C. Comparação de bancadas simuladoras do processo de semeadura em milho. Eng. **Agríc., Jaboticabal**, v.29, n.4, p.623-629, out./dez. 2009.

JÚNIOR, D. C.; GARCIA, R. F.; MANHÃES, C. M. C.; KLAVER, P. P. C.; JÚNIOR, J. F. S. V. Influência da velocidade de trator e semeadora de precisão na implantação e produtividade da cultura do milho verde. **Revista engenharia na agricultura-reveng**, v. 22, n. 1, p. 25-32, 2014.

LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro. **Londrina: Embrapa Soja**, p. 46, 2010.

LOPES, Arthur Gabriel Caldas. **Semeadura de soja com mecanismo dosador agrupado pneumático**. 2021.

MACHADO, A. L. T.; REIS, Â. V.; MORAES, M. L. B.; ALONÇO, A. S. Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais. **2a. ed. Pelotas, R.S.: Ed. Universitária UFPel**, 1996.

MACHADO, Thiago Martins; REYNALDO, Étore Francisco. Avaliação de diferentes semeadoras e mecanismos dosadores de sementes em relação à velocidade de deslocamento. **Energia na agricultura**, v. 32, n. 1, p. 12-16, 2017.

MENDES, A. C.; ROCHA, T. L. Desafios na semeadura de grãos em condições adversas. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 22, n. 4, p. 300-315, 2018.

MICHTA, Gabriel Henrique et al. Analysis of the importance of the inoculation technique in brazilian soybean crop. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 6, p. 5126-5150, 2023.

MIKHAIL, E.; ACKERMAN, F. Observations and Least Squares. **University Press of America**, 1976.

MOTA, M. C.; LIMA, O. N. DE. Effect of seeding speed and graphite lubricant on soybean plantability. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental/Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 29, n. 3, 2024.

NESI, C. N.; DAL BÓ, H. C.; GUIDONI, A. L.; BRINGHENTI, C. Número mínimo de repetições em experimentos de competição de híbridos de milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 1, p. 74-81, 2010.

PARIZOTTO, Nayara Francieli et al. Can dosing mechanisms affect the physical quality of corn seeds at different seeding speeds?. **Revista De Agricultura Neotropical**, v. 9, n. 3, p. e6823-e6823, 2022.

PEREIRA, J. C.; MARQUES FILHO, A. C.; SOUZA, F. L. P.; SILVA, P. R. A. Plantabilidade e influência da aplicação de grafite associado ao tratamento químico de sementes de soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 8, n. 3, e5997, jul./set. 2021.

PETRONAS, Lubrificantes do Brasil. **Princípios básicos de lubrificantes e lubrificação**. Contagem: 2007

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed., Piracicaba: Fealq, 2009, 451 p

PORTELLA, J.A. Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas. **Passo Fundo: Embrapa-CNPT**, 1997.

ROCHA, Bruno GR et al. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 376-384, 2018.

SAVI Daniel et al. Graphite action on the longitudinal distribution of soybean seeds in mechanical and pneumatic feeders. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 45, p. e57920-e57920, 2023.

SETRAL, **Lubrificantes. Catalogo de lubrificantes à seco**. 2014.

SILVA, J. A. Técnicas de semeadura e seu impacto na produtividade de grãos. **Revista de Tecnologia Agrícola**, v. 34, n. 2, p. 78-90, 2019.

VASIĆ, Borislav et al. Two-dimensional talc as a van der Waals material for solid lubrication at the nanoscale. **Nanotechnology**, v. 32, n. 26, p. 265701, 2021.

VENCATO, A. Z., et al. Anuário Brasileiro da Soja 2010. Santa Cruz do Sul: Ed. **Gazeta Santa Cruz**, p. 144, 2010.

WALKER, Eduardo; DOS REIS, Ângelo Vieira; STEFANELLO, Giusepe. Projeto, desenvolvimento e construção de uma bancada de ensaios para dosadores de semente. **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 498-505, 2018.

WEIPENG, Zhang et al. Design and experiment of an intelligent testing bench for air-suction seed metering devices for small vegetable seeds. **Biosystems Engineering**, v. 245, p. 84-95, 2024.