

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

Eduardo José Ludwig

**POLÍMERO E TRATAMENTO FITOSSANITÁRIO EM SEMENTES DE SOJA E  
SUA RELAÇÃO COM A ABSORÇÃO DE INGREDIENTE ATIVO E DESEMPENHO  
EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE**

Santa Maria, RS  
2022

**Eduardo José Ludwig**

**POLÍMERO E TRATAMENTO FITOSSANITÁRIO EM SEMENTES DE SOJA E  
SUA RELAÇÃO COM A ABSORÇÃO DE INGREDIENTE ATIVO E DESEMPENHO  
EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE**

Tese apresentada ao curso de Pós- Graduação em  
Agronomia da Universidade Federal de Santa  
Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a  
obtenção do título de **Doutor em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes

Santa Maria, RS  
2022


Eduardo José Ludwig

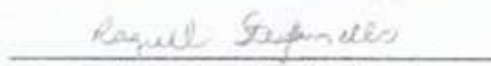
**POLÍMERO E TRATAMENTO FITOSSANITÁRIO EM SEMENTES DE SOJA E  
SUA RELAÇÃO COM A ABSORÇÃO DE INGREDIENTE ATIVO E  
DESEMPENHO EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE**

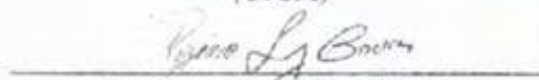
Tese apresentada ao curso de Pós- Graduação em  
Agronomia da Universidade Federal de Santa  
Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a  
obtenção do título de **Doutor em Agronomia**.

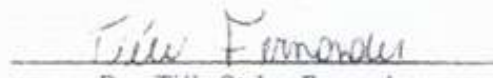
Aprovado em 12 de agosto de 2022

  
Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

  
Profa. Dra. Carla Medianeira Bertagnolli  
(IFFar Júlio de Castilhos)

  
Dra. Raquel Stefanello  
(UFSM)

  
Prof. Dr. Rogério Luiz Backes  
(UFSM)

  
Dra. Tiéle Stuker Fernandes  
(Senar-RS)

Santa Maria, RS  
2022

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001

Ludwig, Eduardo José

Polímero e tratamento fitossanitário em sementes de soja e sua relação com a absorção de ingrediente ativo e desempenho em condições de estresse / Eduardo José Ludwig.- 2022.

72 p.; 30 cm

Orientador: Ubirajara Russi Nunes

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Agronomia, RS, 2022

1. *Glycine max* (L.) Merrill 2. Tiametoxam 3. Qualidade fisiológica 4. Peliculização I. Nunes, Ubirajara Russi II. Título.

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

Declaro, EDUARDO JOSÉ LUDWIG, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

## Agradecimentos

Aos meus pais, Valdemar e Iraci e irmãos Marcos, Lucas e Scheila, aos meus cunhados Suzana e Tiago e sobrinhos, pelo apoio e incentivo durante toda minha vida acadêmica.

A minha namorada Jocélia, pelo amor e companheirismo e apoio durante todo esse período.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do curso de Doutorado

Ao meu orientador Ubirajara Russi Nunes, pela amizade, ajuda e ensinamentos passados desde o início da graduação, passando pelo mestrado até chegar neste momento de conclusão desta importante etapa profissional e pessoal.

Aos profissionais e amigos Carla Medianeira Bertagnolli, Raquel Stefanello, Tiéle Stucker Fernandes e Rogério Luíz Backes por terem aceito o convite e fazer parte de minha banca examinadora.

Aos colegas do Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes do departamento de Fitotecnia pela amizade, ajuda e momentos de descontração.

A todos amigos que tive em Santa Maria, pela amizade e por se tornarem minha família longe de casa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

Enfim, A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

### **POLÍMERO E TRATAMENTO FITOSSANITÁRIO EM SEMENTES DE SOJA E SUA RELAÇÃO COM A ABSORÇÃO DE INGREDIENTE ATIVO E DESEMPENHO EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE**

AUTOR: Eduardo José Ludwig  
ORIENTADOR: Ubirajara Russi Nunes

A utilização de sementes com alta qualidade é de fundamental importância para o correto estabelecimento das plantas no campo, em que esta irá fornecer uma maior garantia para o produtor. Lotes com qualidade fisiológica inferior poderão apresentar maiores dificuldades em se desenvolver em condições de estresse. Porém, por vezes, apenas a utilização de sementes com qualidade não é suficiente para fornecer essa garantia, por isso o tratamento fitossanitário de sementes surge como uma possibilidade de reduzir os danos causados por pragas e patógenos e fornecer proteção extra para a semente e plântula. Além do efeito protetor, o tratamento de sementes pode trazer efeitos na fisiologia da planta, podendo auxiliar no crescimento inicial como também no desenvolvimento, sendo esses produtos denominados bioativadores. Outro produto aplicado via tratamento de sementes é o polímero, em que este irá fornecer melhor aderência do tratamento químico na semente, podendo diminuir as perdas. Porém, há carência de informações sobre o efeito da utilização de polímeros e sua influência na absorção do tratamento pela semente. O objetivo do trabalho foi avaliar a absorção de ingrediente ativo e o desenvolvimento em condições de estresse hídrico em sementes de soja tratadas com polímeros associados ao tratamento fitossanitário. Foram realizados três experimentos distintos, o primeiro teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de plântulas de soja e quantificar a absorção de ingrediente ativo a partir de sementes tratadas com tratamento químico e polímeros. Os resultados obtidos através das análises em plântulas de soja indicaram que a utilização de polímero associado ao tratamento fitossanitário é um método eficiente, pois pode aumentar a absorção de ingrediente ativo. O segundo estudo teve como objetivo avaliar as respostas fisiológicas em sementes de soja com distintos níveis de vigor tratadas com polímeros e tiametoxam submetidas a déficit hídrico simulado. Nesse trabalho os resultados indicaram que para ambos os níveis de vigor o estresse hídrico simulado reduziu o desempenho fisiológico das sementes e que a molécula tiametoxam proporcionou melhor desenvolvimento em plântulas de soja de baixo vigor quando submetidas a estresse hídrico. Por fim, o terceiro trabalho objetivou avaliar as respostas na produção de plantas originadas a partir de sementes com diferentes níveis de vigor e tratadas com o ingrediente ativo tiametoxam e polímeros. Os resultados demonstraram que em condições de estresse no início do ciclo da cultura o tratamento de sementes com tiametoxam e polímeros influenciam de forma positiva no desenvolvimento de sementes com menor vigor. Plantas de soja conseguem se recuperar da redução da densidade de plantas através de sua característica de plasticidade. Em condições climáticas do ambiente como precipitação e temperatura favoráveis, a produtividade não é influenciada pelo vigor das sementes. Dessa forma, foi possível conhecer melhor as respostas da planta à utilização desses produtos através do seu comportamento em avaliações de campo e laboratório.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill. Tiametoxam. Qualidade fisiológica. Peliculização.

## ABSTRACT

### FILM COATING AND PHYTOSANITARY TREATMENT IN SOYBEAN SEEDS AND THEIR RELATIONS WITH ACTIVE INGREDIENT ABSORPTION AND PERFORMANCE UNDER STRESS CONDITIONS

AUTHOR: Eduardo José Ludwig  
PhD ADVISOR: Ubirajara Russi Nunes

The use of high quality seeds is of fundamental importance for the correct establishment of plants in the field, in which this will provide a greater guarantee for the producer. Lots with inferior physiological quality may present greater difficulties in developing under stress conditions. However, sometimes, only the use of quality seeds is not enough to provide this guarantee, so the phytosanitary treatment of seeds appears as a possibility to reduce the damage caused by pests and pathogens and provide extra protection for the seed and seedling. In addition to the protective effect, seed treatment can have effects on plant physiology, which can assist in initial growth as well as development, and these products are called bioactivators. Another product applied via seed treatment is the polymer, in which it will provide better adhesion of the chemical treatment to the seed, which may reduce losses. However, there is a lack of information about the effect of the use of polymers and their influence on the absorption of the treatment by the seed. The objective of this study was to evaluate the active ingredient absorption and development under water stress conditions in soybean seeds treated with polymers associated with phytosanitary treatment. Three different experiments were carried out, the first aimed to evaluate the initial development of soybean seedlings and to quantify the absorption of active ingredient from seeds treated with chemical treatment and polymers. The results obtained through the analysis of soybean seedlings indicated that the use of polymer associated with phytosanitary treatment is an efficient method, as it can increase the absorption of the active ingredient. The second study aimed to evaluate the physiological responses in soybean seeds with different vigor levels treated with polymers and thiamethoxam subjected to simulated water deficit. In this work, the results indicated that, for both vigor levels, the simulated water stress reduced the physiological performance of the seeds and that the thiamethoxam molecule provided better development in low vigor soybean seedlings when submitted to water stress. Finally, the third study aimed to evaluate the responses in the production of plants originated from seeds with different levels of vigor and treated with the active ingredient thiamethoxam and polymers. The results showed that under stress conditions at the beginning of the crop cycle, seed treatment with thiamethoxam and polymers positively influences the development of seeds with lower vigor. Soybean plants are able to recover from reduced plant density through their plasticity characteristic. Under environmental climatic conditions such as favorable precipitation and temperature, yield is not influenced by seed vigor. In this way, it was possible to better understand the responses of the plant to the use of these products through their behavior in field and laboratory evaluations.

**Key-words:** *Glycine max* (L.) Merrill. Tiametoxam. Physiological Quality. Film Coating.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO II

- Figura 1 - Primeira contagem de plântulas, expressa em porcentagem de plântulas normais em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.....40
- Figura 2- Germinação, expressa em porcentagem de plântulas normais em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.....41
- Figura 3 - Comprimento de hipocótilo expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.....42
- Figura 4- Comprimento de radícula expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.....43
- Figura 5- Massa seca de plântulas, expressa em miligramas por plântula, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.....44
- Figura 6- Germinação, expressa em porcentagem de plântulas normais em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico em areia.....45
- Figura 7 - Comprimento de hipocótilo expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico em areia.....46
- Figura 8- Comprimento de radícula expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico em areia.....46

### ARTIGO III

- Figura 1 - Temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) durante o ciclo da cultura da soja nos anos agrícolas de 2019/20 (A) e 2020/21 (B).....56



## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO I

- Tabela 1 - Índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), comprimento de radícula (CR), comprimento de hipocótilo (CH), massa seca (MS) de plântulas de soja submetidas a tratamento fitossanitário e polímeros em sementes.....27
- Tabela 2- Absorção do ingrediente ativo tiametoxam, por quilograma de massa verde de plântulas de soja cultivar Nidera NA5909 submetidas a tratamento fitossanitário associado a polímeros.....28
- Tabela 3 - Quantidade expressa em miligramas (mg) do ingrediente ativo (i.a.) tiametoxam na semente e em plântulas nos estádios VC e V1, em soja cultivar Nidera NA5909 submetida a tratamento fitossanitário associado a polímeros.....30

### ARTIGO II

- Tabela 1- Primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento de radícula (CR) e massa seca de plântulas (MS) de dois lotes de sementes de soja cultivar Nidera NA5909.....39

### ARTIGO III

- Tabela 1 - Vigor por primeira contagem (PC) e germinação (G) de plântulas de soja oriundas de diferentes lotes com as sementes submetidas a tratamento fitossanitário e polímeros.....55
- Tabela 2- Porcentagem de sobrevivência (S) (%), Altura de plantas (A) (cm), Diâmetro de caule (D) (cm), Legumes por planta (L) ( $pl^{-1}$ ), Grãos por legume (G) ( $L^{-1}$ ) e produtividade de plantas de soja (P) ( $kg\ ha^{-1}$ ) da cultivar Nidera NA 5909 de dois lotes submetidos a tratamento de sementes na safra 2019/20.....56
- Tabela 3- Porcentagem de sobrevivência (S) (%), Altura de plantas (A) (cm), Diâmetro de caule (D) (cm), Legumes por planta (L) ( $pl^{-1}$ ), Grãos por legume (G) ( $L^{-1}$ ) e produtividade de plantas de soja (P) ( $kg\ ha^{-1}$ ) da cultivar Nidera NA 5909 de dois lotes submetidos a tratamento de sementes na safra 2020/21.....58

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
2. <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
2.1. QUALIDADE DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA SOJA NO CAMPO .....	14
2.2. CONDIÇÕES DE ESTRESSE .....	15
2.3. TRATAMENTO DE SEMENTES .....	16
2.4. BIOATIVADORES E POLÍMEROS .....	17
3. <b>REFERÊNCIAS</b> .....	19
4. <b>ARTIGO I: DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS E ABSORÇÃO DE INGREDIENTE ATIVO EM SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS A TRATAMENTO QUÍMICO ASSOCIADO A POLÍMEROS</b> .....	22
4.1. INTRODUÇÃO .....	23
4.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
4.4. CONCLUSÃO .....	30
4.5. REFERÊNCIAS .....	31
5. <b>ARTIGO II: ESTRESSE HÍDRICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM TIAMETOXAM E POLÍMEROS</b> .....	34
5.1. INTRODUÇÃO .....	35
5.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	37
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
5.4. CONCLUSÃO .....	47
5.5. REFERÊNCIAS .....	48
6. <b>ARTIGO III: PRODUÇÃO DE PLANTAS DE SOJA ORIUNDAS DE SEMENTES COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR TRATADAS COM POLÍMEROS E TIAMETOXAM</b> .....	50
6.1. INTRODUÇÃO .....	51
6.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	52

6.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
6.4.	CONCLUSÃO.....	60
6.5.	REFERÊNCIAS.....	61
7.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	64
8.	<b>APÊNDICES</b> .....	65
8.1.	ARTIGO I.....	65
8.2.	ARTIGO II.....	66
8.3.	ARTIGO III .....	68
9.	<b>ANEXOS</b> .....	69

## 1. INTRODUÇÃO

O estabelecimento inicial de uma cultura no campo é um dos principais fatores que irá interferir no posterior desenvolvimento e produtividade desta. Uma emergência rápida e homogênea irá proporcionar um estabelecimento adequado das plântulas no campo.

A utilização de sementes de soja com alta qualidade é de fundamental importância para o correto estabelecimento da plântula no campo, em que esta irá fornecer uma maior garantia para o produtor. Lotes com qualidade fisiológica inferior poderão apresentar maiores dificuldades em se desenvolver em condições de estresse. Porém, por vezes, apenas a utilização de sementes com qualidade não é suficiente para fornecer essa garantia, por isso o tratamento fitossanitário de sementes surge como uma possibilidade de reduzir os danos causados por pragas e patógenos e fornecer proteção extra para a semente.

Atualmente, a maioria dos produtos utilizados para o tratamento de sementes possui ação sistêmica na planta, em que este é absorvido pela planta e irá fornecer proteção em seu período inicial de desenvolvimento. Porém, essa proteção irá depender da quantidade do ingrediente ativo que será absorvido. Isso está diretamente associado à quantidade de produto que permanecerá aderido na semente, já que podem ocorrer perdas de produto no momento da realização do tratamento nas máquinas tratadoras, bem como perdas de produto no campo por lixiviação causada pela água das chuvas.

Visando melhorar o recobrimento nas sementes podem ser utilizados polímeros, que irão fornecer uma melhor aderência do tratamento químico na semente, podendo diminuir as perdas por formação de pó e lixiviação e, além disso, podem ter a função de regulador da entrada de água na semente em condições de estresse hídrico. Porém, há carência de informações sobre o efeito da utilização de polímeros e sua influência na absorção do tratamento pela semente.

Determinados ingredientes ativos utilizados no tratamento de sementes podem ter também uma função de bioativador, como é o caso do tiametoxam. Estudos já demonstraram que este ingrediente ativo pode aumentar a atividade de enzimas antioxidantes quando as sementes são expostas a condições de estresse e assim diminuir os danos causados pela condição estressante.

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar as respostas em laboratório e em nível de campo de plantas após o tratamento de sementes com produtos bioativadores e polímeros e entender melhor como esses ingredientes podem contribuir para a maior garantia do

estabelecimento adequado das plantas de soja no campo, buscando maior produtividade final da cultura.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. QUALIDADE DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA SOJA NO CAMPO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a principal cultura agrícola brasileira, sendo que na safra 2021/22, no Brasil, foi estimada a produção de 139,39 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2022), tendo por esse motivo importância fundamental na balança comercial do país e também se destacando como uma das principais commodities do mundo. Para ter sucesso em sua produção é importante a utilização de sementes com qualidade, visando garantir um estande adequado das plantas na lavoura.

A obtenção de uma lavoura com população adequada de plantas está condicionada, entre outras causas, à utilização de sementes de boa qualidade fisiológica. A qualidade fisiológica das sementes compreende os seus atributos intrínsecos, em que determinam sua capacidade de germinar e emergir rapidamente e produzir uma emergência uniforme com plantas vigorosas (MOHAMMADI et al., 2012). Além disso, sementes com alta qualidade fisiológica são mais propensas a alcançar elevado desempenho quando expostas a diferentes condições ambientais (SCHEEREN et al., 2010).

Quando utilizados lotes de menor qualidade fisiológica, é possível que muitas sementes não germinem e também que haja uma quantidade acentuada de plântulas anormais. Além disso, devido à desuniformidade de emergência as plantas emergidas com atraso não irão acompanhar o desenvolvimento das que emergiram mais cedo, assim se tornarão menos competitivas por luz, água, nutrientes e espaço, o que acarretará no fim do cultivo e em prejuízos na produtividade (CANTARELLI et al., 2015).

Além da qualidade das sementes há diversos outros fatores que influenciam no desempenho inicial da plântula no campo. Durante o desenvolvimento inicial, a ação de pragas e patógenos e também condições climáticas inadequadas podem refletir em redução do potencial dessas plântulas causando prejuízos que irão refletir na produtividade final da cultura. As plantas são constantemente confrontadas com estresses abióticos e bióticos que podem reduzir seriamente sua produtividade, sendo assim, devem ser tomadas medidas que visem evitar ou amenizar os danos causados (REJEB et al., 2014).

## 2.2.CONDIÇÕES DE ESTRESSE

Durante o período de germinação, as sementes são expostas a diferentes condições edafoclimáticas sobre as quais o produtor nem sempre tem total controle. Após serem semeadas, estas sementes ficam expostas a diversos estresses bióticos e abióticos, os quais são fatores importantes e que possuem um enorme impacto no desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, são responsáveis por perdas severas no campo (REJEB et al., 2014). Entre as principais causas do estresse em plântulas estão a ação de pragas e patógenos e também as condições de disponibilidade hídrica do solo.

Períodos com déficit hídrico após a semeadura podem causar a deterioração das sementes, prejudicando o potencial fisiológico, que irá interferir na emergência de plântulas tendo como consequência a redução no estande de plantas a campo (CARVALHO et al., 2016). Em algumas regiões do Brasil, como no centro oeste, produtores realizam a semeadura antecipada à data recomendada, buscando diminuir o impacto da ferrugem asiática através do escape da época preferencial de ocorrência do fungo. Essa ocupação antecipada da área pode trazer riscos devido à baixa disponibilidade hídrica no solo. Além disso, em anos com menores precipitações, essa baixa disponibilidade hídrica poderá ocorrer em diversas outras regiões, mesmo com a semeadura sendo realizada na época recomendada.

Na fase inicial de desenvolvimento, as sementes necessitam de umidade para iniciar seus processos metabólicos, que irão ser sucedidos pela emergência, crescimento e desenvolvimento da plântula (SHARRATT; GESCH, 2008). A indisponibilidade de água nessa fase pode fazer com que a semente não complete o processo de germinação, ou pode completar, porém de forma mais lenta e desuniforme entre as plântulas, comprometendo as fases posteriores da planta (KHAN et al., 2017; SOUZA, et al., 2013).

Além do déficit hídrico, a ocorrência de pragas e doenças no início do ciclo das culturas é um dos principais fatores que causam danos aos cultivos agrícolas. O uso cada vez mais intenso de novas áreas para produção agrícola e a instabilidade das condições climáticas durante o período de cultivo têm provocado aumento na incidência desses agentes nocivos, principalmente durante as fases iniciais de desenvolvimento (NUYTTENS et al., 2013; ROCHA et al., 2017).

Grande parte dos fungos fitopatogênicos é transmitida via semente. Sementes de soja atacadas por fungos podem apresentar redução em sua capacidade de germinação, originar plântulas menos vigorosas e menos produtivas (LAVIOLETTE; ATHOW, 1972). Danos causados por fungos em sementes e plântulas de soja podem ser caracterizados por deterioração

da semente, tombamento de plântulas, manchas, podridões na haste e elevado número de plântulas anormais (NETTLES et al., 2016, RADMER et al., 2017).

Dentre os organismos que proporcionam perdas no início do ciclo produtivo da soja, tem-se também as pragas, que ocorrem durante os primeiros estádios de desenvolvimento da cultura. Estas podem causar inviabilidade das sementes, danos severos em plântulas, consumo de raízes, dos cotilédones ou das folhas, danos esses que podem afetar o rendimento de grãos da cultura (FERNANDES; ÁVILA, 2016; HOFFMANN-CAMPO et al., 2012).

Devido às diversas pragas e doenças que estão associadas à cultura da soja nos estágios iniciais, é importante a realização de um manejo integrado, de modo que por muitas vezes faz-se necessária a utilização de defensivos agrícolas para minimizar perdas econômicas causadas por estes organismos.

### 2.3. TRATAMENTO DE SEMENTES

Estratégias de manejo preventivo de pragas e doenças comumente usadas em cultivos agrícolas incluem rotação de culturas e uso de cultivares tolerantes, porém, muitas vezes essas estratégias não são suficientes para o controle adequado, sendo aconselhado o uso de produtos para tratamento fitossanitário (ARFAOUI et al., 2018).

A prática do tratamento de sementes visa a aplicação de processos ou de substâncias que contribuam à proteção da semente, garantindo assim a capacidade de expressão do seu potencial genético (ABATI et al., 2018). A utilização de agrotóxicos no tratamento de sementes fornece à planta condições de defesa, onde este tratamento traz a possibilidade de obtenção de maior potencial para o desenvolvimento inicial da cultura (CASTRO; PEREIRA, 2008).

Entre os principais desafios da pesquisa em tratamento químico de sementes, pode-se citar a diminuição das dosagens, disponibilizando princípios ativos mais eficazes e menos poluentes e também a melhoria da aderência dos produtos químicos utilizados no tratamento das mesmas (LIMA et al., 2006). Para que o tratamento químico seja eficiente é necessário utilizar um produto capaz de erradicar os patógenos presentes nas sementes e no solo, deve apresentar alta estabilidade, possuir boa aderência e cobertura, ser de baixo custo e fácil aquisição, além de ser compatível com os demais produtos que podem ser aplicados no tratamento (AVELAR et al., 2012; BORK et al., 2018).

A duração do tratamento de sementes na cultura da soja está condicionada a vários fatores, porém em condições normais este tratamento fornece proteção até em torno dos 25 dias após a semeadura (STAMM et al., 2016). Todavia, a quantidade de tratamento absorvida pela



semente irá influenciar no efeito residual desses, sendo assim é importante determinar a quantidade de ingrediente ativo que é absorvido no estágio inicial da plântula no campo e meios que possam otimizar essa absorção.

#### 2.4.BIOATIVADORES E POLÍMEROS

Alguns defensivos aplicados através do tratamento de sementes podem trazer, além do efeito protetor, certos tipos de efeitos na fisiologia da planta, podendo auxiliar no crescimento inicial como também no desenvolvimento das plantas, sendo denominados bioativadores (DAN et al., 2012; FERREIRA et al., 2022). Bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento e capazes de atuar em fatores de transcrição da planta e na expressão gênica, em proteínas da membrana, alterando o transporte iônico e em enzimas metabólicas capazes de afetar o metabolismo secundário, de modo a melhorar a nutrição e a síntese hormonal (CASTRO; PEREIRA, 2008).

O ingrediente ativo tiametoxam é considerado um bioativador devido a sua ação na planta. Ele é transportado dentro da planta e ativa várias reações fisiológicas como a expressão de proteínas. Estas proteínas interagem com vários mecanismos de defesa de estresses da planta, permitindo que ela enfrente melhor as condições adversas, tais como estresses hídricos, pH baixo, salinidade do solo, estresses por temperaturas altas e toxicidade por alumínio (ALMEIDA et al., 2011; LAUXEN et al., 2016).

O tratamento de sementes com produtos que possuem o ingrediente ativo tiametoxam confere alterações benéficas na planta, em que aumentam sua tolerância ao estresse hídrico, gerando efeito positivo sobre o rendimento de grãos da cultura da soja (BALARDIN et al., 2011). Sendo assim, a utilização do ingrediente ativo tiametoxam pode se tornar uma alternativa para fornecer melhores condições para a plântula se desenvolver em condições de estresse hídrico. Porém, ainda não foram encontradas informações sobre a influência desse composto em lotes de sementes com diferentes níveis de vigor.

Para melhorar a eficiência do tratamento de sementes, pode ser recomendada a utilização de polímeros adesivos, os quais criam um filme de revestimento sobre a superfície da semente. Esta tecnologia permite a aplicação de vários produtos seguidos de revestimentos para sua proteção (PEDRINI et al., 2017). Esse processo de aplicação, além de permitir uma distribuição precisa dos ingredientes ativos na superfície da semente, não altera a sua forma e pode permitir uma melhor aderência e proteção dos fungicidas e inseticidas (ADAK et al., 2016; KUNKUR et al., 2007).

A tecnologia do recobrimento de sementes com a utilização de polímeros (peliculização) associados ao tratamento fitossanitário tem como principal objetivo melhorar o seu desempenho em relação aos atributos físicos, fisiológicos e sanitários (AVELAR et al., 2012). Para que o recobrimento de sementes com polímeros, associados ao tratamento fitossanitário seja eficiente, o mesmo não deve afetar negativamente a germinação e o vigor de sementes. A peliculização é uma tecnologia que, dentre seus usos, permite a adição de insumos agrícolas às sementes, sem mudança no seu tamanho ou forma, juntamente com o tratamento químico (DINIZ et al., 2006). Devido à proteção imposta pelos polímeros nas sementes, em relação a variações de temperatura e umidade do ambiente, as sementes polimerizadas tendem a apresentar melhor germinação e emergência, mesmo quando são submetidas a condições adversas (ADAK et al., 2016).

Os benefícios da utilização de polímeros nos tratamentos de sementes vêm sendo relatados para diversas espécies como arroz (FAGUNDES et al., 2017), soja (LUDWIG et al., 2020) e milho (AVELAR et al., 2012). Um dos efeitos positivos da utilização de polímeros no tratamento de sementes é a maior capacidade de retenção de produtos químicos e assim menores perdas por lixiviação (ADAK et al., 2016; FAGUNDES et al., 2017; KEAWKHAM et al., 2014).

Solos com deficiência ou saturação hídrica podem comprometer a emergência das sementes, desfavorecendo o estande inicial das plantas. A rápida entrada de água em sementes com baixo grau de umidade pode causar danos à membrana celular, prejudicando o processo germinativo, reduzindo a emergência das plântulas e o estande no campo (KAPPES et al., 2010). Práticas como o tratamento de sementes com polímeros poderão ser benéficas para melhoria no desempenho germinativo e estabelecimento das plantas quando expostas às condições desfavoráveis. A peliculização de sementes pode retardar a entrada de água diminuindo os danos de embebição e resultando em aumento da germinação (PEREIRA et al., 2009).

Apesar de haver estudos sobre a utilização de polímeros em sementes de soja, ainda há dúvidas quanto aos benefícios de sua utilização, necessitando a execução de mais trabalhos sobre o assunto, como por exemplo, sua interferência sobre a absorção do tratamento químico pela planta.

### 3. REFERÊNCIAS

- ABATI, J. et al. Physiological potential of soybean seeds treated in the industry with and without the application of dry powder. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 2, p 188-193, 2018.
- ADAK, T. et al. Role of nano-range amphiphilic polymers in seed quality enhancement of soybean and imidacloprid retention capacity on seed coatings. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 13, p. 4351-4357, 2016.
- ALMEIDA, A. S. et al. The role of bioactivators in the physiological performance of rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 501-510, 2011.
- ARFAOUI, A., EL HADRAMI, A., DAAYF, F. Pre-treatment of soybean plants with calcium stimulates ROS responses and mitigates infection by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 122, p. 121-128, 2018.
- AVELAR, S. A. G. et al. The use of film coating on the performance of treated corn seed. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 186-192, 2012.
- BALARDIN, R. S. et al. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.
- BORK, C. R. et al. Soybean industrial seed treatment: effect on physiological quality during storage. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 8, p. 468, 2018.
- CANTARELLI, L. D. et al. Variability of soybean plants originated from seeds with different physiological quality levels. **Acta Agronômica**, v.64, n.3, p. 218-222, 2015.
- CARVALHO, I. R. et al. Desempenho fisiológico da soja com regulação hídrica por manitol. **Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 34-43, 2016.
- CASTRO, P. R. C.; PEREIRA, M. A. **Bioativadores na agricultura**. In. Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira.: Vozes, p. 118-126, 2008.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, v. 9 - safra 2021/22 - n. 12, setembro 2022.
- DAN, L. G. M. et al. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.
- DINIZ, K. A. et al. Incorporação de microrganismos, aminoácidos, micronutrientes e reguladores de crescimento em sementes de alface pela técnica de peliculização. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 37-43, 2006.
- FAGUNDES, L. K. et al. Rice seed treatment and recoating with polymers: physiological quality and retention of chemical products. **Revista Caatinga**, v. 30 n. 4, p. 920-927, 2017.
- FERREIRA, L. L. et al. Soybean seedling performance in diferente seed treatments. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 8, p. 1-11, 2022.

FERNANDES, E.T. ÁVILA C.J. Efeito de Diferentes Tipos de Injúrias Causadas nos Estádios Iniciais de Desenvolvimento da Soja. **EntomoBrasilis**, v. 9 n. 3, p. 193-196, 2016.

HOFFMANN-CAMPO, C.B. et al. Pragas que atacam plântulas, hastes e pecíolos da soja. Cap.3, p. 145-212. In: Hoffmann-Campo, C.B., B.S. Corrêa-Ferreira & F. Moscardi. **Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. 2012. DF; Embrapa, 859 p.

KAPPES, C.; et al. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2010.

KEAWKHAM, T. et al. Effect of polymer seed coating and seed dressing with pesticides on seed quality and storability of hybrid cucumber, **Australian Journal Of Crop Science**, v. 8, n. 10, p.1415-1420, 2014.

KHAN, M. S. A. et al. Matter Production and Seed Yield of Soybean as Affected by Post-Flowering Salinity and Water Stress. **Bangladesh Agronomy Journal**, v. 19, n. 2, p. 21-27, 2017.

KUNKUR, et al. Effect of Seed Coating with Polymer, Fungicide and Insecticide on Seed Quality in Cotton During Storage. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v.20, n.1, p.137-139, 2007.

LAUXEN, L. R. et al. Physiological response of cotton seeds treated with thiamethoxam under heat stress. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 2, p. 140-147, 2016.

LAVIOLETTE, FA, ATHOW, KL *Cercospora kikuchii* infection of soybean as affected by stage of plant development. **Phytopathology** v.62, n.771, 1972.

LIMA, L.B.; et al. Peliculização e tratamento químico de sementes de algodoeiro. **Ciência e agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1091-1098, 2006.

LUDWIG, E. J. et al. Polymer coating in soybean seed treatment and their relation to leaching of chemicals. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 6 p. 1-10, 2020.

NUYTTENS, D. et al. Pesticide-laden dust emission and drift from treated seeds during seed drilling: a review. **Pest management science**, v. 69, n. 5, p. 564-575, 2013.

MOHAMMADI, H. et al. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. **International Journal of Plant Production**, v. 5, n. 1, p. 65-70, 2012.

NETTLES, R. et al. Influence of pesticide seed treatments on rhizosphere fungal and bacterial communities and leaf fungal endophyte communities in maize and soybean. **Applied soil ecology**, v. 102, p. 61-69, 2016.

PEDRINI, S. et al. Seed coating: science or marketing spin? **Trends in plant science**, v. 22, n. 2, p. 106-116, 2017.

PEREIRA, C.E.; et al. Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. **Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 3, p. 433-440, 2009.

RADMER L., et al. *Pythium*, *Phytophthora*, and *Phytophthora* spp. associated with soybean in Minnesota, their relative aggressiveness on soybean and corn, and their sensitivity to seed treatment fungicides. **Plant disease**, v. 101, n. 1, p. 62-72, 2017.

REJEB, I., PASTOR, V., MAUCH-MANI, B. Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. **Plants**, v. 3, n. 4, p. 458-475, 2014.

ROCHA, G. C., et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas- Physiological quality of treated and stored soybean seeds. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 50-65, 2017.

SHARRATT, B. S., GESCH, R. W. Emergence of polymer-coated corn and soybean influenced by tillage and sowing date. **Agronomy journal**, v. 100, n. 3, p. 585-590, 2008.

SCHEEREN, B. R., et al. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista brasileira de sementes**, v.32, n.3, 2010.

SOUZA, T. C. de. et al. ABA application to maize hybrids contrasting for drought tolerance: changes in water parameters and in antioxidant enzyme activity. **Plant Growth Regulation**, v. 73, n. 3, p. 205-217, 2014.

STAMM, M. D., et al. Uptake and translocation of imidacloprid, clothianidin and flupyradifurone in seed-treated soybeans. **Pest management science**, v. 72, n. 6, p. 1099-1109, 2016.

#### **4. ARTIGO I: DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS E ABSORÇÃO DE INGREDIENTE ATIVO EM SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS A TRATAMENTO QUÍMICO ASSOCIADO A POLÍMEROS**

RESUMO – O trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de plântulas de soja e quantificar a absorção de ingrediente ativo a partir de sementes tratadas com tratamento químico e polímeros. Para a realização do tratamento de sementes foram utilizados os produtos: inseticida Cruizer 350FS (i.a. tiametoxam) e os polímeros Laborsan e Likoseed. Os tratamentos foram os seguintes: Controle, Trat. químico (Cruizer®), Trat. químico + Laborsan® e Trat. químico + Likoseed®. As avaliações realizadas foram índice de velocidade de emergência, emergência, comprimento de plântulas, massa seca de plântulas e quantificação de ingredientes ativos presentes nas plântulas de soja nos estádios VC (cotilédones completamente abertos) e V1 (folhas unifolioladas completamente desenvolvidas) através de análises cromatográficas. O tratamento químico isolado ou associado a polímeros não afeta negativamente a qualidade fisiológica das plântulas de soja. Os resultados obtidos através das análises em plântulas de soja nos diferentes estádios indicam que a utilização de polímero associado ao tratamento fitossanitário é um método eficiente, pois pode aumentar a absorção de ingrediente ativo.

**Palavras-chaves:** *Glycine max* (L.) Merrill. Ingrediente Ativo. Filme de revestimento. Análise cromatográfica.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill (Fabaceae), é considerada uma cultura de grande importância econômica no mundo, sendo o Brasil, um dos maiores produtores mundiais dessa leguminosa, com o total de 139,39 milhões de toneladas produzidas (CONAB, 2022). A importância dessa cultura se dá pela grande quantidade de proteínas e que, pelo atual ritmo de crescimento econômico no mundo, demanda volumes para suprir as necessidades de farelos proteicos utilizados na ração de animais produtores de carne, produto cada vez mais consumido, como resultado do crescimento da renda per capita dessas populações (DALL'AGNOL et al., 2007).

Para que se obtenha sucesso com a cultura no campo proporcionando altas produtividades, são necessárias técnicas e práticas que venham a colaborar fornecendo condições adequadas para o desenvolvimento das plantas. A utilização de sementes de elevada qualidade fisiológica é um dos principais fatores que irá interferir no adequado estabelecimento das plantas no campo, já que possuem melhores condições de se desenvolver em diferentes ambientes e podendo resultar em um aumento de até 30% na produtividade das culturas (AFZAL et al., 2016).

No entanto, há a ocorrência de estresses, tanto bióticos como abióticos desde a fase inicial de desenvolvimento das plantas, podendo diminuir a produtividade final da cultura. Entre os principais organismos bióticos que causam danos na fase inicial de desenvolvimento da cultura da soja, podemos citar a ação de pragas e patógenos (REJEB et al., 2014).

A ocorrência de pragas e doenças no início do ciclo das culturas é um dos principais fatores que causam danos aos cultivos agrícolas. O uso cada vez mais intenso de novas áreas para produção agrícola e a instabilidade das condições climáticas durante o período de cultivo têm provocado aumento na incidência desses agentes nocivos, principalmente durante as fases iniciais de desenvolvimento (NUYTTENS et al., 2013; ROCHA et al., 2017).

Devido às diversas pragas e doenças que estão associadas à cultura da soja nos seus estágios iniciais, é importante a realização de um manejo integrado, de modo que por muitas vezes faz-se necessária a utilização de defensivos agrícolas para minimizar perdas econômicas causadas por estes organismos. Como estratégias de manejo preventivo de pragas e doenças comumente utilizadas em cultivos agrícolas estão inclusos a rotação de culturas e uso de cultivares tolerantes. Porém, muitas vezes essas estratégias não são suficientes para o controle adequado, sendo aconselhado o uso de produtos para tratamento fitossanitário aplicado diretamente na semente (ARFAOUI et al., 2018).

O tratamento fitossanitário de sementes surge como uma possibilidade de reduzir os danos causados por pragas e patógenos, fornecendo condições de defesa para a planta e, assim, garantindo que ela expresse seu máximo potencial fisiológico e genético. Atualmente, a maioria dos produtos utilizados para o tratamento de sementes possui ação sistêmica na planta, em que este é absorvido pela planta e irá fornecer proteção em seu período inicial de desenvolvimento.

O sucesso da aplicação de tratamento fitossanitário com produtos sistêmicos pode ser explicado através de suas características, entre elas, podem ser citadas o amplo espectro de ação, a baixa taxa de aplicação, a ótima translocação do produto na planta e, principalmente, a segurança ambiental favorável em função das dosagens de aplicação relativamente baixas. Além disso, estes produtos têm demonstrado grande flexibilidade quanto ao método de aplicação e o efeito residual sobre as culturas.

A duração do tratamento de sementes na cultura da soja está condicionada a vários fatores, porém em condições normais este tratamento fornece proteção até em torno dos 25 dias após a semeadura (STAMM et al., 2016). Todavia, a quantidade de tratamento absorvida pela semente irá influenciar no efeito residual desses produtos, sendo assim é importante determinar a quantidade de ingrediente ativo que é absorvido no estágio inicial da plântula no campo e meios que possam ampliar essa absorção.

Visando melhorar o recobrimento nas sementes podem ser utilizados polímeros, que irão fornecer uma melhor aderência do tratamento químico na semente, podendo diminuir as perdas por formação de pó e lixiviação. Um dos efeitos positivos da utilização de polímeros no tratamento de sementes é a maior capacidade de retenção de produtos químicos e assim menores perdas por lixiviação (ADAK et al., 2016; FAGUNDES et al., 2017; LUDWIG et al., 2020).

Apesar do uso de inseticidas no tratamento de sementes ser considerado um método eficiente de utilização deste tipo de defensivo (CECCON et al., 2004), há resultados que evidenciam que em determinadas situações, o tratamento químico de sementes pode ocasionar redução na germinação devido ao efeito fitotóxico (KASHYPA et al., 1994; ABATI et al., 2014).

Porém, ainda há carência de informações sobre o efeito da utilização de polímeros e sua influência na absorção do tratamento pela semente. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de plântulas de soja e quantificar a absorção de ingrediente ativo a partir de sementes tratadas com tratamento químico e polímeros.

#### 4.2.MATERIAL E MÉTODOS



O experimento foi realizado no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes (LDPS), no Departamento de Fitotecnia e no Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas (LARP), ambos localizados na Universidade Federal de Santa Maria (RS). Para a realização do experimento foi utilizado um lote de sementes da cultivar Nidera NA 5909.

Para a realização do tratamento de sementes foram utilizados os produtos: inseticida Cruiser 350FS (i.a. tiametoxam) na dose de 2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes e os polímeros Laborsan e Likoseed, aplicados na dose de 1,5 mL kg<sup>-1</sup> de sementes. A quantidade de produto que foi aplicada seguiu a recomendação dos fabricantes. A composição dos tratamentos se deu da seguinte forma:

Controle

Trat. químico (Cruizer®)

Trat. químico + Laborsan®

Trat. químico + Likoseed®

Para a formação do mesmo volume de calda para todos os tratamentos, foi adicionada água destilada em quantidade necessária para obter o volume de 6 mL kg<sup>-1</sup> de sementes. O tratamento de sementes foi realizado em sacos plásticos com capacidade de 3 litros, em que os produtos foram aplicados sobre a semente e realizada a agitação para a homogeneização do tratamento. Após a realização do tratamento as sementes foram acondicionadas em sacos de papel do tipo kraft e armazenadas em laboratório para posterior realização do experimento.

Para realização do experimento foram utilizadas bandejas plásticas de 3,5 litros, preenchidas com substrato areia previamente lavada, peneirada e esterilizada, em que foram semeadas 40 sementes em sulcos de um centímetro de profundidade por unidade experimental. Foi utilizada areia como substrato devido a este ser um material inerte, assim evitando reações entre o substrato e os tratamentos. As bandejas foram depositadas em local condicionado com temperatura constante de 25 °C, a umidade do substrato foi mantida em 70% da capacidade de campo, em que diariamente as bandejas foram pesadas e realizada a reposição da quantidade de água evaporada.

As coletas de plantas para as avaliações da qualidade fisiológica foram realizadas quando as plântulas atingiram o estágio VC (cotilédones completamente abertos), que se deu aos 7 dias após a semeadura. Para a avaliação da absorção de ingrediente ativo do tratamento de sementes, as coletas foram realizadas em VC e V1 (folhas unifolioladas completamente desenvolvidas) tendo ocorrido aos 12 dias após a semeadura.

O delineamento estatístico utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado (DIC). Os pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias residuais

foram verificados. Após foi realizada a análise de variância e teste F. As médias dos níveis dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Scott Knott ( $P \leq 0,05$ ) por meio do software Sisvar (FERREIRA, 2019).

As avaliações foram as seguintes:

Índice de velocidade de emergência (IVE): Foi realizado diariamente, com contagens até o oitavo dia em horários fixos das plântulas emergidas. O índice foi calculado utilizando-se a equação descrita por Maguire (1962).

Emergência (E): Foi realizada quando a maioria das plântulas atingiram o estágio VC, sendo o resultado expresso em porcentagem de plântulas emergidas.

Comprimento de plântulas: Realizado em VC, em que foram coletadas 10 plântulas aleatoriamente de cada repetição, sendo realizada a medição do comprimento de raiz (CR) e de hipocótilo (CH) destas plântulas, com o auxílio de uma régua milimétrica. O resultado foi expresso em centímetros por plântula.

Massa seca de plântulas (MS): Após a avaliação do comprimento de plântulas, estas foram mantidas em sacos de papel, em estufa a  $65 \pm 5^\circ\text{C}$  por 48 horas até a obtenção de massa constante. Em seguida, as plântulas foram pesadas em balança de precisão 0,001 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plântulas, sendo os resultados expressos em miligramas por plântula ( $\text{mg plântula}^{-1}$ ), conforme Nakagawa (1999).

Após as avaliações do desenvolvimento inicial, foram coletadas 10 plântulas de cada repetição por tratamento dos estádios VC e V1 e estas foram enviadas para a avaliação da concentração do ingrediente ativo tiametoxam presente internamente nas plântulas. As amostras foram processadas no Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas (LARP/UFSM). Para a quantificação dos ingredientes ativos presentes nas plântulas de soja, foi utilizada uma técnica de avaliação multirresíduo do tipo QuEChERS de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (KOLBERG et al., 2011) e o resultado foi expresso em  $\text{mg de i.a. Kg}^{-1}$  de massa verde de plântulas.

#### 4.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a qualidade fisiológica através da variável índice de velocidade de emergência (Tabela 1), não foi observada diferença significativa entre a testemunha e os tratamentos químicos com e sem associação a polímeros, demonstrando que a velocidade de emergência não foi afetada pelos tratamentos. A velocidade de emergência é um fator determinante para um rápido estabelecimento das plântulas em condições de campo. Plântulas

com maior IVE possuem maior desempenho e, conseqüentemente, maior capacidade de resistir a estresses que possam interferir no crescimento e no desenvolvimento da planta (DAN et al., 2012).

Tabela 1 - Índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), comprimento de radícula (CR), comprimento de hipocótilo (CH), massa seca (MS) de plântulas de soja submetidas a tratamento fitossanitário e polímeros em sementes.

Tratamento	IVE	E (%)	CR (cm)	CH (cm)	MS (mg)
Controle	2,35 <sup>ns1</sup>	98 ns	13,95 ns	4,74 b	23,7 ns
Trat. Químico	2,37	97	14,62	5,24 a	24,1
Trat. Químico+Laborsan	2,27	97	14,17	5,16 a	22,9
Trat. Químico+Likoseed	2,32	93	14,09	5,63 a	22,7
CV (%)	4,37	4,47	9,91	7,03	8,47

<sup>1</sup> Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade.

Observa-se que as sementes tratadas com tiametoxam, isolado ou associado a polímeros, apresentaram médias de emergência de plântulas semelhantes às encontradas pelo controle (sem tratamento). Esse resultado vai ao encontro ao de Vieira e Simonetti (2014), que também verificaram a ausência de interferência para o potencial de sementes de soja submetidas a tratamento químico.

Com relação ao comprimento de radícula é possível observar que o tratamento químico isolado ou associado a polímeros não diferiu do tratamento controle, indicando que para esta condição não houve efeito fisiológico sobre as plântulas de soja. Esse resultado reafirma os encontrados por Dan et al. (2012) que não observaram diferenças no comprimento de radícula em experimento utilizando tratamento de sementes com diferentes doses de tiametoxam.

Porém, quando analisada a variável comprimento de hipocótilo das plântulas, houve significância para o tratamento controle quando comparado aos tratamentos que receberam o inseticida tiametoxam, tanto com ou sem a adição de polímeros. Esse resultado superior em sementes tratadas pode ser atribuído ao ingrediente ativo possuir característica bioativadora, sendo assim, este pode ter influência no alongamento celular promovido nas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A variável massa seca de plântula não apresentou diferença entre os tratamentos, indicando que os mesmos não causaram efeitos prejudiciais, visto que todos tiveram comportamento semelhante à testemunha.

Através da Tabela 2 é observada a concentração de ingrediente ativo tiametoxam encontrada nos estádios VC e V1 das plântulas de soja submetidas ao tratamento fitossanitário

e polímeros em sementes. Após aplicação de tiametoxam, este é translocado através das raízes para o restante da planta. A taxa de absorção se amplia até atingir um pico de 72 horas após a aplicação, porém a absorção pode se estender pelo dobro deste tempo (CARVALHO et al., 2011).

Tabela 2- Absorção do ingrediente ativo tiametoxam, por quilograma de massa verde de plântulas de soja cultivar Nidera NA5909 submetidas a tratamento fitossanitário associado a polímeros.

Tratamento	Estádio	
	VC	V1
Controle	0 dA*	0 bA
Trat. Químico	10,79 bA	5,36 aB
Trat. Químico+Laborsan	14,05 aA	6,41 aB
Trat. Químico+Likoseed	7,29 cA	5,54 aB
CV (%)	13,19	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade

O transporte do ingrediente ativo do tratamento de sementes ocorre na direção acropetal (via xilema), iniciando já no processo de embebição pela semente e emergência das plântulas, distribuindo-se por toda a planta (CARVALHO et al., 2011). Ocorre um acúmulo do produto na borda das folhas, porém a concentração residual encontrada é muito baixa, já que a maioria do i.a. absorvido é acumulado nos cotilédones da planta, havendo quantidade reduzida nos tecidos foliares (STAMM et al., 2016; GAZZONI et al., 2008). Para o tratamento controle não houve detecção da molécula tiametoxam, pois não foi realizado o tratamento.

Observando a comparação entre as concentrações entre os dois estádios dentro do mesmo tratamento (letras minúsculas) é possível observar que para todos os tratamentos houve o decréscimo em V1, o que era esperado devido à degradação que a substância vai sofrendo com o tempo. É comum que a disponibilidade de i.a. aplicados como tratamento de sementes reduza à medida que a planta da soja se desenvolve, o que corresponde à diminuição da eficácia do tratamento de semente contra pragas e patógenos (STAMM et al., 2016). Porém, em estudo realizado por Stamm et al. (2013), foi detectado que o tratamento de sementes de soja foi eficiente no controle de pulgão até o estágio V4.

Houve diferenças na concentração do i.a. em plântulas coletadas no estágio VC. O tratamento que mostrou maiores valores foi o Trat. Químico + laborsan, com 14,8 mg Kg<sup>-1</sup> de tiametoxam, o que demonstrou que este polímero proporcionou menores perdas para o substrato

e, como consequência, maior disponibilidade de produto foi absorvido pela semente. O uso de polímeros no recobrimento de sementes em associação ao tratamento químico diminui a lixiviação desses produtos, conforme já relatado por Avelar et al. (2012), Fagundes et al. (2017) e Ludwig et al. (2020). Dessa forma, com maior quantidade do tratamento fitossanitário aderido na parede externa da semente, maior foi a absorção deste produto e, conseqüentemente, a translocação pela plântula.

Por outro lado, quando utilizado o polímero likoseed, os valores foram inferiores até mesmo ao tratamento apenas com produto fitossanitário, sendo encontrados 7,3 mg Kg<sup>-1</sup> de tiametoxam, apresentando 50% menos i.a que o Trat. Químico + laborsan e 32% a menos que apenas o Trat. químico. Os polímeros utilizados no tratamento de sementes geralmente são moléculas biodegradáveis, na maior parte originária de materiais facilmente encontrados na natureza, mas também podem ser sintetizados em laboratório (ROY et al., 2014), porém devido ao segredo industrial, não há total conhecimento das moléculas que estão sendo aplicadas. Dessa forma, para o resultado da utilização do polímero likoseed pode ter ocorrido alguma incompatibilidade entre produtos que resultou em uma redução da disponibilidade do tratamento fitossanitário e, como consequência, menor absorção pela semente.

Porém, mesmo com essa redução da absorção nessa condição, foi mostrado em experimento de precipitação simulada (LUDWIG et al., 2020), que com ambos os polímeros houve a diminuição de 20% na perda do tratamento de sementes por lixiviação. Então, mesmo assim, pode ser indicada a utilização de polímeros devido à instabilidade de condições no campo.

Quando foi realizada a comparação entre os tratamentos para o estágio V1 não houve diferenças significativas, já que com o desenvolvimento da planta, os resíduos do i.a. encontrados são reduzidos, em virtude da rápida degradação do produto após a aplicação, especialmente por fotólise, sendo que a hidrólise não é muito importante para a degradação do tiametoxam, em condições de campo (GAZZONI et al., 2008).

Para evitar a ação de outras variáveis, o substrato foi mantido em condições ótimas de umidade. Porém, em trabalhos realizados por Stamm et al. (2016) em condições de estresse hídrico, a baixa umidade do solo aumentou transitoriamente a transpiração na superfície da folha e a tensão do xilema, resultando em aumento do movimento da água e mobilidade do i.a. imidacloprid, o qual pertence a mesma classe do tiametoxam. Desse modo, sugere-se que a captação e translocação do tratamento químico na soja podem ser afetadas pela condição hídrica.

Na tabela 2, é possível observar a quantidade do produto aplicado no TS e que estava presente na plântula no momento da análise cromatográfica. Para obtenção desses valores, previamente foi obtida a média da massa de cada semente e a média da massa da plântula nos estádios VC e V1. Para isso, os valores obtidos foram 180 mg semente<sup>-1</sup>, 430 mg plântula<sup>-1</sup> no estádio VC e 510 mg plântula<sup>-1</sup> no estádio V1.

Tabela 3 - Quantidade expressa em miligramas (mg) do ingrediente ativo (i.a.) tiametoxam na semente e em plântulas nos estádios VC e V1, em soja cultivar Nidera NA5909 submetida a tratamento fitossanitário associado a polímeros.

	i.a. inicial (mg semente <sup>-1</sup> )		i.a. detectado (mg plântula <sup>-1</sup> )	%
Controle	0	VC	0	-
		V1	0	-
Trat. Químico	0,12	VC	0,0046	3,8
		V1	0,0027	2,3
Trat. Químico+Laborsan	0,12	VC	0,0061	5,1
		V1	0,0029	2,4
Trat. Químico+Likoseed	0,12	VC	0,0031	2,6
		V1	0,0028	2,3

Analisando a porcentagem do i.a. inicial identificado nos estádios VC e V1, é possível observar que para todos os tratamentos que receberam o i.a tiametoxam havia apenas uma pequena concentração, quando comparada a inicial que era de 0,12 mg do ingrediente ativo tiametoxam por semente. Isso ocorre porque uma grande porcentagem da quantidade total de inseticida aplicada não é absorvida, presumindo-se que ela tenha sido desprendida do revestimento da semente para o solo e para a água do solo (LAURENT et al., 2013; WESTWOOD et al., 1998).

Como benefícios de tais resultados, pode-se citar também a possível redução na dosagem do tratamento químico a ser utilizado, sem a perda de eficiência no controle de pragas e patógenos. Outra vantagem adicional é a de causar menor contaminação ambiental total, uma vez que apenas uma pequena proporção (2 a 20%) do produto químico aplicado às sementes é absorvida pela planta (SCHMUCK et al., 2001; BALFOUR et al., 2016).

#### 4.4.CONCLUSÃO

O tratamento químico isolado ou associado a polímeros não afeta negativamente a qualidade fisiológica das plântulas de soja. Os resultados obtidos neste estudo indicam que a

utilização de polímero associado ao tratamento fitossanitário é um método eficiente, pois pode aumentar a absorção de ingrediente ativo pelas plântulas de soja.

#### 4.5.REFERÊNCIAS

ABATI, J. et al. Treatment with fungicides and insecticides on the physiological quality and health of wheat seeds. **Journal of Seed Science**, v. 36 n. 4, p.392-398, 2014.

ADAK, T. et al. Role of nano-range amphiphilic polymers in seed quality enhancement of soybean and imidacloprid retention capacity on seed coatings. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 13, p. 4351-4357, 2016.

AFZAL, I. et al. Recent advances in seed enhancements. In *New Challenges in Seed Biology- Basic and Translational Research Driving Seed Technology*; **InTechOpen**: London, 2016; pp. 47–74.

ARFAOUI, A., EL HADRAMI, A., DAAYF, F. Pre-treatment of soybean plants with calcium stimulates ROS responses and mitigates infection by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 122, p. 121-128, 2018.

AVELAR, S. A. G. et al. The use of film coating on the performance of treated corn seed. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 186-192, 2012.

BALFOUR, N. J. Size matters: significant negative relationship between mature plant mass and residual neonicotinoid levels in seed-treated oilseed rape and maize crops. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 215, p.85-88, 2016.

CARVALHO, N. L.; PERLIN, R. S.; COSTA, E. C. Thiametoxam em tratamento de sementes. **Monografias Ambientais**, v.2, n.2, p.158-175, 2011.

CECCON, G.; RAGA, A.; DUARTE, A.P.; SILOTO, R.C. Efeito de inseticidas na semeadura sobre pragas iniciais e produtividade de milho safrinha em plantio direto. **Bragantia**, v.63, p.227-237, 2004.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, v. 9 - Safra 2021/22 - n. 12, setembro, 2022.

DALL'AGNOL, A. et al. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007.

DAN, L. G. M. et al. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

FAGUNDES, L. K. et al. Rice seed treatment and recoating with polymers: physiological quality and retention of chemical products. **Revista Caatinga**, v. 30 n. 4, p. 920-927, 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.

GAZZONI, D.L., et al. **Thiametoxam: uma revolução na agricultura**, 258p, 2008.

KASHYPA, R.K.; CHAUDHARY, O.P.; SHEORAN, I.S. Effects of insecticide seed treatments on seed viability and vigor in wheat cultivars. **Seed Science and Technology**, v.22, n.3, p.503-517, 1994.

KOLBERG, D. I. et al. Development of a fast multiresidue method for the determination of pesticides in dry samples (wheat grains, flour and bran) using QuEChERS based method and GC-MS. **Food Chemistry**, v.125, p.1436-1442, 2011.

LAURENT F. M. ; RATHAHAO E. Distribution of [<sup>14</sup>C] imidacloprid in sunflowers (*Helianthus annuus* L.) following seed treatment. **J Agric Food Chem** v.51, p.8005-8010, 2003.

LUDWIG, E. J. et al. Polymer coating in soybean seed treatment and their relation to leaching of chemicals. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 6 p. 1-10, 2020.

MAGUIRE, J. D. Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas**. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. Vigor de sementes: conceitos e testes. cap. 2, 1999. p.1-24.

NUYTTENS, D. et al. Pesticide-laden dust emission and drift from treated seeds during seed drilling: a review. **Pest management science**, v. 69, n. 5, p. 564-575, 2013.

REJEB, I., PASTOR, V., MAUCH-MANI, B. Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. **Plants**, v. 3, n. 4, p. 458-475, 2014.

ROCHA, G. C. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 50-65, 2017.

ROY, A., et al. Controlled pesticide release from biodegradable polymers. **Central European Journal of Chemistry**, v. 12, n. 4, p. 453-469, 2014.

SCHMUCK, R. et al. Risk posed to honeybees (*Apis mellifera* L., Hymenoptera) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers. **Pest management science** v.57, p.225-238, 2001.

STAMM, M. D. et al. Uptake and translocation of imidacloprid, clothianidin and flupyradifurone in seed-treated soybeans. **Pest management science**, v. 72, n. 6, p. 1099-1109, 2016.

STAMM M. D. et al. Effects of thiamethoxam seed treatments on soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) feeding behavior. **Journal of economic entomology** v.106, n.6 p.2384-2390, 2013.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.



VIEIRA, E.H.; SIMONETTI, A.P.M.M. Análise fisiológica de sementes de soja submetidas a tratamento semente e diferentes períodos de armazenamento. **Cultivando o Saber**. v. 7, n 4, p. 415 - 425, 2014.

WESTWOOD F. et al. Movement and persistence of [14C] imidacloprid in sugar-beet plants following application to pelleted sugar-beet seed. **Pesticid Science** v.52, p.97–103, 1998.

## **5. ARTIGO II: ESTRESSE HÍDRICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM TIAMETOXAM E POLÍMEROS**

RESUMO – O objetivo do presente trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas em sementes de soja com distintos níveis de vigor tratadas com polímeros e tiametoxam submetidas a déficit hídrico simulado. Foram utilizados dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909, em que a diferenciação ocorreu pelo seu nível de vigor. Para realização do tratamento de sementes foi utilizado o produto comercial Cruizer 350FS, devido ao seu ingrediente ativo tiametoxam possuir a propriedade bioativadora e foram utilizados os polímeros Laborsan e Likoseed. A condição de estresse hídrico simulado foi realizada de duas formas, em rolos de papel germitest, a qual foi realizada utilizando soluções de polietileno glicol (PEG 6000) e em bandejas de PVC, contendo areia e diferentes níveis de saturação hídrica. A avaliação da qualidade fisiológica foi realizada por meio dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântulas. Concluiu-se que para ambos os lotes tanto o estresse hídrico simulado em rolos de papel como em areia, houve redução do desempenho fisiológico das sementes e que a molécula tiametoxam associada ou não a polímeros proporcionou melhor desenvolvimento em plântulas de soja de baixo vigor quando submetidas a estresse hídrico.

**Palavras-chaves:** *Glycine max* (L.) Merrill. Bioativador. Vigor.

## 5.1.INTRODUÇÃO

O estabelecimento inicial da cultura da soja no campo é um dos principais fatores que irá interferir no posterior desenvolvimento e produtividade. Uma emergência rápida e homogênea vai proporcionar um estabelecimento uniforme das plântulas no campo. Para que ocorra a população adequada de plantas esta é condicionada, entre outras causas, à utilização de sementes com elevada qualidade fisiológica.

A qualidade fisiológica das sementes compreende os atributos intrínsecos da semente, que determinam sua capacidade de germinar e emergir rapidamente e produzir uma emergência uniforme com plantas vigorosas (MOHAMMADI et al., 2012). Além disso, sementes com alta qualidade fisiológica são mais propensas a alcançar elevado desempenho quando expostas a diferentes condições ambientais (SCHEEREN et al., 2010). Quando utilizados lotes de baixa qualidade fisiológica, é possível que muitas sementes não germinem e, também, que haja uma quantidade acentuada de plântulas anormais. Além disso, quando submetidas a condições adversas no campo, estas sementes terão maior dificuldades em se desenvolver nessas condições estressantes.

Dentre os fatores que influenciam na produtividade podemos citar a instabilidade climática, a qual interfere de forma sistemática no sucesso do cultivo da soja, incluindo também a fase de estabelecimento do estande inicial dessa cultura. Dentre esses estresses limitantes, se destaca o déficit hídrico, de maneira mais contundente, durante a fase de germinação.

A indisponibilidade de água nessa fase pode implicar que a semente não complete o processo de germinação, ou pode completar, porém de forma mais lenta e desuniforme entre as plântulas, comprometendo as fases posteriores do desenvolvimento (KHAN et al., 2017; SOUZA et al., 2014). Em solos com saturação hídrica, a rápida entrada de água em sementes com baixo grau de umidade pode causar danos à membrana celular, prejudicando o processo germinativo, reduzindo a emergência das plântulas e o estande no campo (KAPPES et al., 2010).

Em algumas regiões do Brasil, como no centro oeste, produtores realizam a semeadura antecipada ao início da época de chuvas, buscando diminuir o impacto da ferrugem asiática através do escape da época preferencial de ocorrência do fungo. Essa ocupação antecipada da área pode trazer riscos devido à baixa disponibilidade hídrica no solo. Além disso, em anos com menores precipitações, essa baixa disponibilidade hídrica poderá ocorrer em diversas outras regiões, dessa forma, muitas vezes as sementes estarão submetidas a um ambiente estressante devido à deficiência hídrica.

Alguns produtos aplicados através do tratamento de sementes podem trazer, além do efeito protetor, certos tipos de efeitos na fisiologia da planta, podendo auxiliar no crescimento inicial como também no desenvolvimento das plantas, sendo denominados bioativadores (DAN et al., 2012). Estas são substâncias complexas modificadoras do crescimento e podem atuar em fatores de transcrição, além da expressão gênica, em proteínas da membrana e em enzimas metabólicas sendo capazes de afetar o metabolismo secundário, de modo que possa melhorar a nutrição e a síntese hormonal (CASTRO; PEREIRA, 2008).

O ingrediente ativo tiametoxam é considerado um bioativador devido a sua ação na planta. Ele é transportado dentro da planta e ativa várias reações fisiológicas como a expressão de proteínas. Estas proteínas interagem com vários mecanismos de defesa de estresses da planta, permitindo que ela enfrente melhor as condições adversas, tais como estresses hídricos, pH baixo, salinidade do solo, estresses por temperaturas altas e toxicidade por alumínio (ALMEIDA et al., 2011; LAUXEN et al., 2016). Sendo assim, a utilização do ingrediente ativo tiametoxam pode se tornar uma alternativa para fornecer melhores condições para a plântula se desenvolver em condições de estresse hídrico.

Para melhorar a eficiência do tratamento de sementes pode ser recomendada a utilização de polímeros adesivos, os quais criam um filme de revestimento sobre a superfície da semente. Esta tecnologia permite a aplicação de vários produtos seguidos de revestimentos para sua proteção (PEDRINI et al., 2017). Esse processo de aplicação, além de permitir uma distribuição precisa dos ingredientes ativos na superfície da semente, não altera a sua forma e pode permitir uma melhor aderência e proteção dos fungicidas e inseticidas (ADAK et al., 2016; KUNKUR et al., 2007).

A utilização de polímero associado ao tratamento de sementes pode proporcionar melhores condições para essas se desenvolverem no campo, quando ocorrerem condições hídricas inadequadas, já que o polímero pode agir na regulação de água na semente. No caso de excesso hídrico no solo, o polímero pode reduzir a rápida absorção de água pela semente, diminuindo assim danos a membrana causados pela embebição acelerada (PEREIRA et al., 2009). Em condições de déficit hídrico, a utilização de polímeros na semente pode evitar a absorção da pequena quantidade de água disponível no solo, evitando o início do processo de germinação, que conseqüentemente seria cessado devido à falta de água.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar as respostas fisiológicas em sementes de soja com distintos níveis de vigor tratadas com polímeros e tiametoxam submetidas a déficit hídrico simulado.

## 5.2.MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS), do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (RS). Foram utilizados dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 obtidos da empresa Sementes Costabeber do município de Condor-RS, em que a diferenciação ocorreu pelo seu nível de vigor.

Para realização do tratamento de sementes foi utilizado o produto comercial Cruizer 350FS®, na dose de 2 mL Kg<sup>-1</sup> devido ao seu ingrediente ativo tiametoxam possuir a propriedade bioativadora. Além disso, foram utilizados os polímeros Laborsan® e Likoseed®, aplicados na dose de 1,5 mL kg<sup>-1</sup> de sementes.

A condição de estresse hídrico simulado foi realizada de duas formas, em rolos de papel germitest, a qual foi realizada utilizando soluções de polietileno glicol (PEG 6000) e em bandejas de PVC, contendo areia e diferentes níveis de saturação hídrica.

Para a avaliação em rolos de papel germiteste, a composição dos tratamentos e o experimento ocorreram da seguinte forma:

T1= Controle

T2= Tratamento químico (Cruizer)

T3= Tratamento químico + polímero Laborsan

T4= Tratamento químico + polímero Likoseed

T5= Polímero Laborsan

T6 = Polímero Likoseed

A condição de estresse hídrico simulada em rolos de papel germiteste, foi realizada utilizando soluções de polietileno glicol (PEG 6000), sob diferentes níveis de potencial osmótico, em que estas foram preparadas de acordo com as especificações de VILLELA et al. (1991). Foram formuladas soluções contendo polietileno glicol nos seguintes níveis de potencial osmótico: 0; -0,1; -0,2 e -0,3 megapascal (MPa), em que o nível zero foi o tratamento controle, sendo utilizada apenas água destilada. A organização do experimento com os lotes se deu de forma fatorial 6x4 (seis tratamentos x quatro potenciais osmóticos).

A avaliação da qualidade fisiológica foi realizada por meio dos seguintes testes:

Teste padrão de germinação: Foi realizado com base nas Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009), por meio da semeadura de quatro repetições com 50 sementes em rolos de papel germiteste umedecido com as diferentes soluções na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos foram colocados em sacos plásticos e, em seguida, em

germinador à temperatura de 25 °C por oito dias, com luz constante, quando foi realizada a avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de primeira contagem de germinação: esse teste foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as médias de plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de plântulas: Foram semeadas quatro repetições de 20 sementes por rolo de papel germiteste, dispostas em três linhas na parte superior do papel de germinação. Os rolos de papel foram colocados em sacos plásticos e acondicionados em germinador do tipo BOD a 25 °C e a avaliação ocorreu aos cinco dias, onde foi medido o comprimento de raiz e de hipocótilo, com o auxílio de uma régua milimétrica, de dez plântulas normais coletadas aleatoriamente. O resultado foi expresso em centímetros por plântula, conforme descrito por Nakagawa (1999).

Massa seca de plântulas: Após a avaliação do comprimento de plântulas, as raízes e o hipocótilo foram mantidos em sacos de papel, em estufa a  $65\pm 5$  °C por 48 horas até a obtenção de massa constante. Em seguida, as raízes e hipocótilos foram pesados em balança de precisão 0,001 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plântulas normais, sendo os resultados expressos em miligramas por plântula ( $\text{mg plântula}^{-1}$ ), conforme Nakagawa (1999).

Para a avaliação em bandejas de areia, a composição dos tratamentos e o experimento ocorreram da seguinte forma:

T1= Controle

T2= Tratamento químico (Cruizer)

T3= Tratamento químico + polímero Laborsan

T4= Tratamento químico + polímero Likoseed

As sementes foram submetidas a diferentes níveis de capacidade de retenção de água pelo substrato, em que foram semeadas em bandejas plásticas com substrato areia lavada, peneirada e esterilizada em estufa, utilizando quatro repetições com 20 sementes para cada tratamento, em sulcos de 1 cm de profundidade. O substrato foi mantido com quatro condições hídricas, mantendo o armazenamento da água no solo em 20, 40, 60 e 80% da capacidade de armazenamento da água. Para a manutenção dessa capacidade, foi aplicada água destilada em volume correspondente a diferença de peso do conjunto areia + bandeja no momento da leitura e da última pesagem do dia anterior.

As bandejas foram mantidas em sala climatizada com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 24 horas durante todo período de execução das avaliações. As sementes foram avaliadas

pelos testes de emergência em areia, comprimento da raiz e parte aérea (hipocótilo) e massa seca de plântulas, como já descritos anteriormente.

Os pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias foram verificados. Foi realizada análise de variância e as médias dos níveis dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Scott Knott ( $P \leq 0,05$ ); para os fatores quantitativos foi realizada análise de regressão, utilizando o software Sisvar.

### 5.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Previamente ao início do experimento foi realizada a caracterização inicial dos lotes a fim de verificar o seu nível de vigor (Tabela 1). Foi possível verificar através das variáveis primeira contagem de germinação, germinação e massa seca de plântulas que os dois lotes possuem distintos níveis de vigor, indicando que o lote de menor potencial fisiológico possui um retardo em seu desenvolvimento. Tais resultados vão ao encontro dos de Kolchinski et al. (2006) que verificaram baixo vigor das sementes associado a reduções na porcentagem de emergência, desuniformidade de emergência e reduções na produção de matéria seca e nas taxas de crescimento da cultura.

Tabela 1- Primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento de radícula (CR) e massa seca de plântulas (MS) de dois lotes de sementes de soja cultivar Nidera NA5909.

Lote	PC (%)	G (%)	CH (cm)	CR (cm)	MS (g)
Alto Vigor	91 a <sup>1</sup>	94 a	10,3 <sup>ns</sup>	13,39 <sup>ns</sup>	46,47 a
Baixo Vigor	76 b	86 b	11,1	13,28	37,37 b
CV (%)	3,87	4,19	5,89	13,74	7,22

<sup>1</sup>Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade.

Avaliando o experimento de estresse hídrico no papel germiteste, a Figura 1 apresenta a variável primeira contagem para ambos os lotes, sendo um teste que avalia o vigor das plântulas através da rapidez do seu desenvolvimento inicial. A primeira contagem de germinação é um teste simples de vigor, realizado simultaneamente ao teste de germinação e com base no pressuposto de que sementes mais vigorosas germinam mais rapidamente (ABUD et al., 2013).

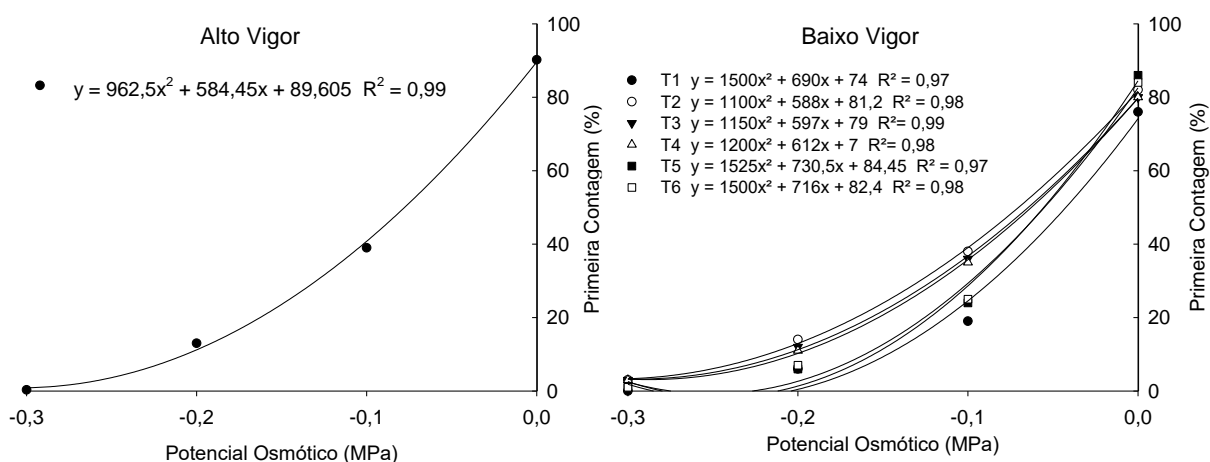


Figura 1- Primeira contagem de plântulas, expressa em porcentagem de plântulas normais em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.

Para o lote de alto vigor não houve diferença significativa entre os tratamentos, apenas para os níveis de potencial osmótico, em que quanto maior a deficiência hídrica, menores foram os valores de plântulas normais na primeira contagem, apresentando inicialmente valores acima de 90% e com o aumento do estresse hídrico atingindo a primeira contagem próxima a zero quando as sementes foram submetidas ao potencial -0,3 MPa. O início do desenvolvimento da plântula é afetado negativamente quando a quantidade de água absorvida é insuficiente, prejudicando o início das atividades metabólicas, a reativação enzimática e a degradação das substâncias de reservas, resultando no retardo da formação de estruturas e desenvolvimento do embrião (CARVALHO et al., 2016).

Para o lote de baixo vigor os tratamentos apresentaram diferenças significativas em função do regime hídrico, havendo interação entre os tratamentos e potenciais osmóticos. Através da interação pode-se observar que para os níveis de potencial osmótico -0,1 e -0,2 MPa as plântulas que receberam o tratamento apenas com tiametoxam (T2) ou associado a polímeros (T3 e T4) tiveram valores superiores aos apresentados pelo tratamento controle ou apenas com a aplicação de polímeros. Isso pode ter ocorrido devido ao tiametoxam acelerar a germinação, induzindo maior desenvolvimento do eixo embrionário minimizando os efeitos negativos da deficiência hídrica (CARVALHO et al., 2011).

As sementes que receberam apenas a aplicação de polímeros (T5 e T6) apresentaram valores intermediários, sendo acima dos valores de primeira contagem em relação ao tratamento controle quando foram submetidas aos potenciais osmóticos -0,1 e -0,2 MPa. Como justificativa



para esse resultado, tem-se, possivelmente, que devido ao polímero formar uma camada sobre a semente isso pode ter minimizado o desenvolvimento de patógenos.

No caso de plântulas originadas de sementes de alto vigor, a utilização de polímeros e bioativadores pode não trazer grande influência, já que as sementes terão maior quantidade de reservas disponíveis para resistir a essas condições estressantes. As plântulas de baixo vigor podem ser beneficiadas pelo efeito bioativador do tiametoxam aplicado no tratamento de sementes, já que estas estão com maior deterioração e assim o tratamento poderá auxiliar nos mecanismos de defesa dessa plântula.

Para a variável germinação (Figura 2), ambos os lotes apresentaram significância apenas para o fator potencial osmótico, em que tiveram decréscimos na forma de função quadrática conforme a diminuição da disponibilidade de água pela solução. Esse resultado pode ser explicado porque o processo de germinação ocorre quando a quantidade de água absorvida é suficiente para o início das atividades metabólicas, com reativação enzimática e degradação das substâncias de reservas contidas no endosperma (TAIZ; ZEIGER, 2017).

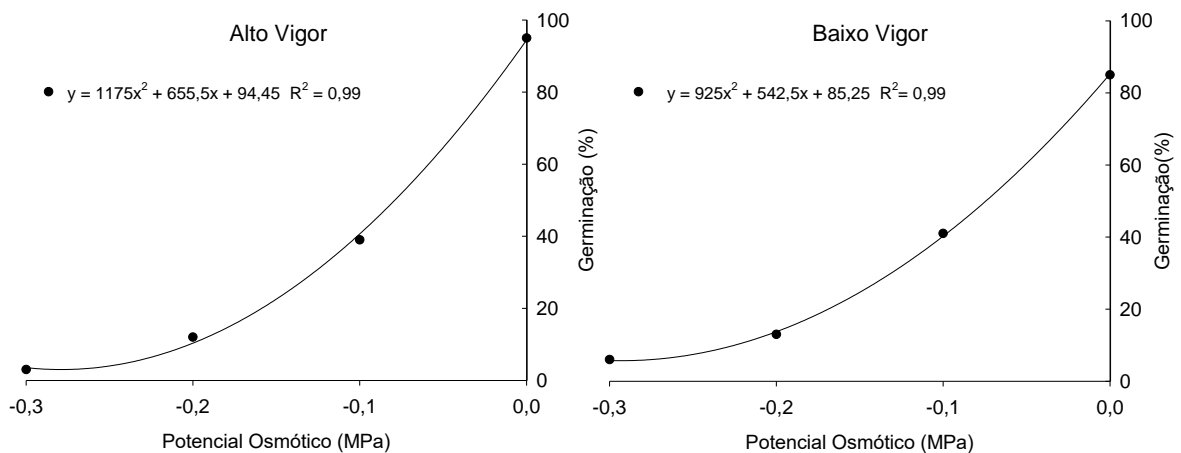


Figura 2- Germinação, expressa em porcentagem de plântulas normais em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.

A redução na germinação de sementes com o aumento das concentrações de PEG pode ser atribuída a consequente diminuição na velocidade e quantidade de água absorvida pela semente, já que a deficiência hídrica durante a germinação reduz a absorção de água pelos tecidos e, conseqüentemente, o início da germinação da semente (KAPPES et al., 2010; PELEGRINI et al., 2013).

Estes resultados permitem inferir que houve resposta positiva aos tratamentos para sementes de baixo vigor, sendo que o desempenho dessas sementes sob condições de semeadura

com baixa disponibilidade hídrica no solo poderá ser melhorado significativamente com a aplicação de bioativadores e polímeros.

Para o comprimento de hipocótilo (Figura 3) houve significância apenas para o estresse hídrico, em que para ambos os lotes houve queda conforme a diminuição do potencial osmótico. É comum que em condições de estresse hídrico as plântulas apresentem valores reduzidos de comprimento devido à redução de dimensões celulares através da redução de sua turgidez, os tecidos formados a partir das condições com maior estresse hídrico possuem menor alongamento e as substâncias de reserva são menos aproveitadas devido ao estresse osmótico ocorrido (CARVALHO et al., 2016).

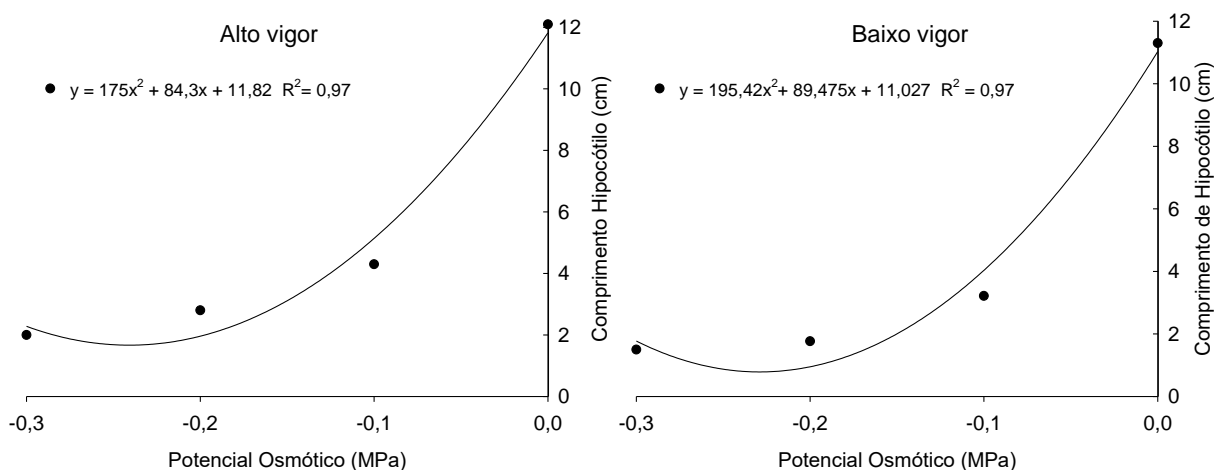


Figura 3 - Comprimento de hipocótilo expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.

O hipocótilo possui função essencial no desempenho inicial da plântula, pois quando vigoroso, acelera o desenvolvimento dos tecidos tegumentares e fotossintéticos, proporcionando que as plântulas sintetizem assimilados mais rápido e não dependam da energia provinda de substâncias do endosperma da semente (CARVALHO et al., 2016).

Para a análise do comprimento de radícula (Figura 4), o lote de alto vigor apresentou resultados da germinação que se ajustaram a uma equação de regressão linear, com redução no comprimento conforme a diminuição do potencial osmótico. O teste de avaliação do comprimento da parte radicular é considerado o mais sensível para a diferenciação da qualidade fisiológica entre lotes e também de cultivares, conforme constatado por Vieira et al. (2013), pois um dos primeiros efeitos mensuráveis da baixa disponibilidade de água é a redução no crescimento, que é causada pela redução da expansão celular.

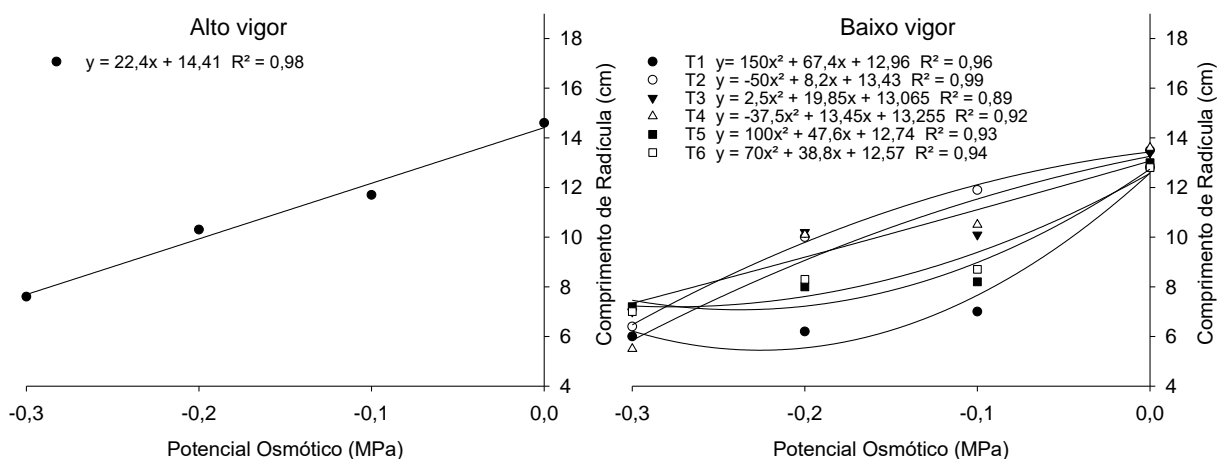


Figura 4- Comprimento de radícula expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.

O sistema radicular é fundamental para a absorção de água, nutrientes e sustentação da planta. Problemas de formação em sua estrutura podem gerar danos ao seu estabelecimento e, conseqüentemente, no rendimento final da cultura. O estresse hídrico provoca redução do potencial hídrico da célula, causando diminuição da pressão de turgor, o que afeta de forma negativa a expansão e crescimento celular, o metabolismo, crescimento e estabelecimento das plântulas, reduzindo, desta forma, o crescimento do hipocótilo e da radícula (VIÇOSI et al., 2017).

Para o lote de baixo vigor houve interação entre os tratamentos e potenciais osmóticos e assim como ocorreu para a avaliação de primeira contagem de plântulas, pode se observar que para os níveis de potencial osmótico -0,1 e -0,2 MPa, as plântulas que receberam o tratamento apenas com tiametoxam ou associado a polímeros tiveram valores mais elevados que o tratamento controle (T1), demonstrando que ocorreu uma indução mais rápida para o comprimento de radícula. Como plântulas de menor vigor provavelmente possuem menor quantidades de reservas, Bewley et al. (2013) comentam que conforme a menor mobilização de reservas, menor síntese e atividades enzimáticas ou alterações no turgor celular e, assim, redução no desenvolvimento. Dessa forma a utilização do bioativador em sementes de menor qualidade fisiológica proporciona que os mecanismos de defesa da plântula possam se desenvolver de forma que esta possa iniciar seu processo de expansão radicular com maior velocidade.

Além disso, plântulas oriundas de sementes tratadas apenas com polímeros (T5 e T6) apresentaram valores superiores de comprimento de radícula em relação ao tratamento controle, apresentando resultado semelhante aos de vigor por primeira contagem.

Avaliando a variável massa seca de plântulas (Figura 5), para ambos os lotes houve queda conforme o aumento do estresse hídrico. Esses valores são uma consequência dos valores obtidos nas avaliações de comprimento de hipocótilo e de radícula. A massa seca de plântulas também se caracteriza como indicadora do vigor inicial das sementes e da taxa de crescimento inicial.

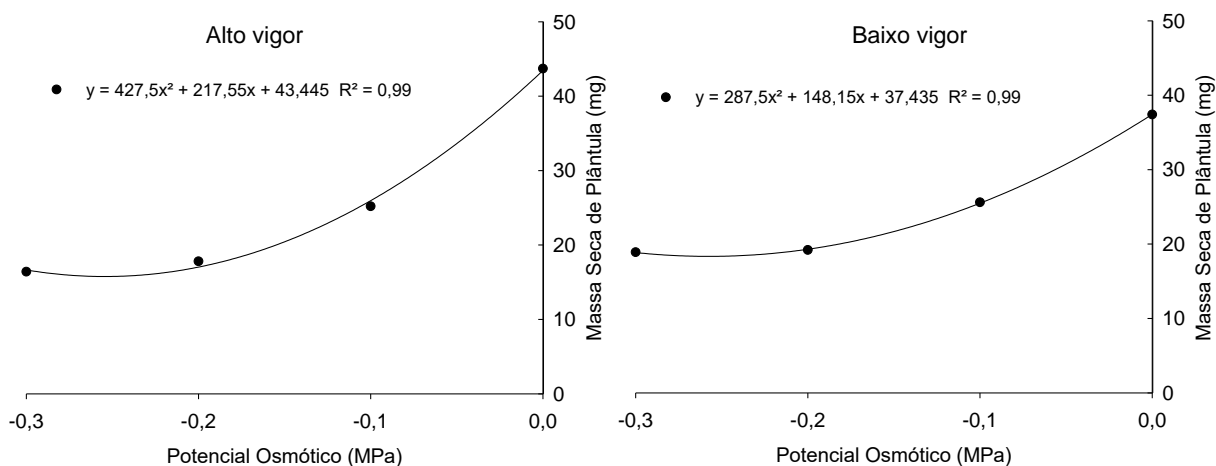


Figura 5- Massa seca de plântulas, expressa em miligramas por plântula, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.

Sementes de soja induzidas a estresses hídricos tendem a reduzir as dimensões e massa de plântulas à medida que o estresse aumenta. Essa redução na biomassa do epicótilo pode ser explicada pela diminuição no metabolismo das sementes, em função da menor disponibilidade de água para digestão das reservas e translocação de produtos metabolizados (BEWLEY et al., 2013).

Observando os resultados para a avaliação em areia, estes se assemelharam aos obtidos através do estresse hídrico simulado com PEG. Para o lote de alto vigor a variável emergência, não apresentou grau de significância para os diferentes tratamentos, apenas havendo diferença significativa para o fator capacidade de retenção (Figura 6). Conforme Bansal et al. (1980), potenciais hídricos negativos, principalmente nas fases iniciais de embebição, irão reduzir de forma drástica a absorção de água pelas sementes, chegando a inviabilizar a sequência de eventos no processo de germinação da semente.

Quando analisado o lote de sementes com baixo vigor, os tratamentos apresentaram diferenças significativas em função da disponibilidade hídrica, havendo interação entre os tratamentos e capacidades de retenção. Através da interação pode-se observar que para o nível de capacidade de retenção de 20%, as plântulas que não receberam tratamento, apresentaram

valores inferiores aos demais tratamentos com tiametoxam e polímeros. Tal resultado evidencia que a utilização do tratamento de sementes com o i.a. tiametoxam foi positiva quando as sementes foram submetidas a deficiência hídrica, corroborando com os resultados relatados por Castro et al. (2008) que ressaltam os efeitos fisiológicos benéficos via tratamento de sementes.

Ainda avaliando a capacidade de retenção de 20% para o lote de baixo vigor, o tratamento 4 (tiametoxam+ likoseed), apresentou valores inferiores aos tratamentos 2 e 3. Tal resultado pode ser explicado devido a esse polímero poder ter agido reduzindo a velocidade de embebição, impedindo a germinação das sementes nessa fase inicial. Já para as condições com maior disponibilidade de água, os tratamentos tiveram efeitos semelhantes.

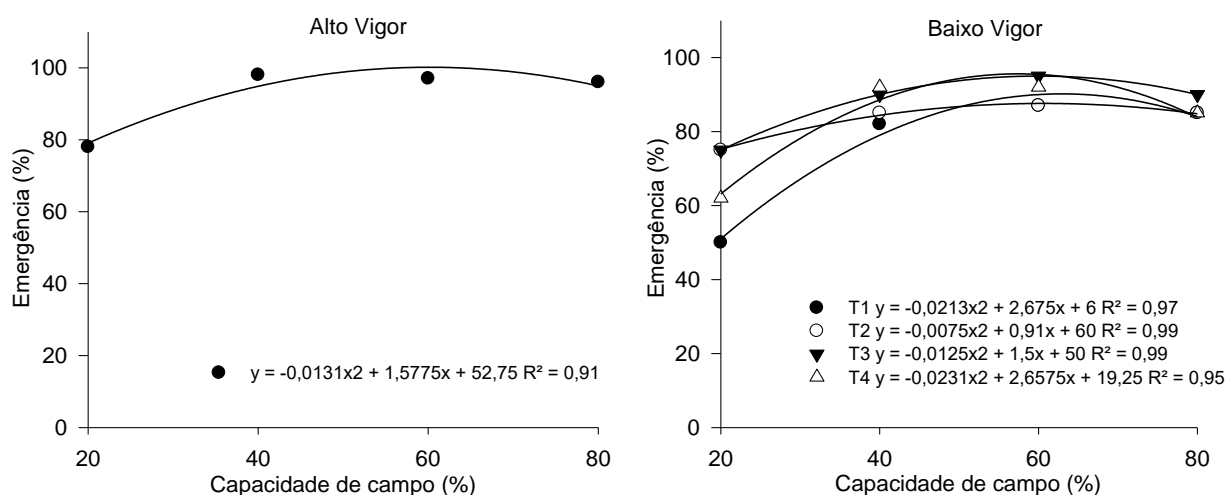


Figura 6 - Emergência, expressa em porcentagem de plântulas normais em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico em areia.

Na avaliação do comprimento de hipocótilo (Figura 7) houve significância para os diferentes níveis de capacidade hídrica. Tanto o lote de alto como o de baixo vigor, se ajustaram em uma função quadrática, em que os índices de 40 e 60% da capacidade de retenção apresentaram valores superiores de comprimento da parte aérea da plântula, demonstrando que em condições de boa disponibilidade hídrica no solo, as plântulas tendem a apresentar um crescimento acelerado.

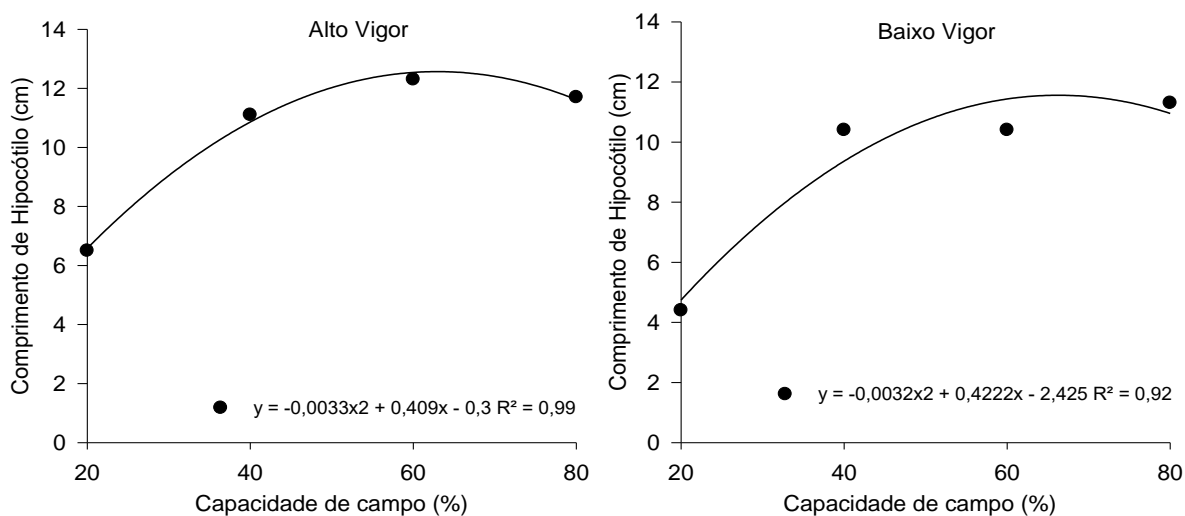


Figura 7 - Comprimento de hipocótilo expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico em areia.

Na análise do comprimento de radícula (Figura 8), ambos os lotes apresentaram resultados da germinação que se ajustaram a uma equação quadrática, de forma complementar ao que ocorreu no comprimento de hipocótilo. Esses resultados evidenciam o efeito negativo que a escassez de água promove no alongamento das plântulas de soja resultando tanto no menor comprimento do hipocótilo como da raiz primária.

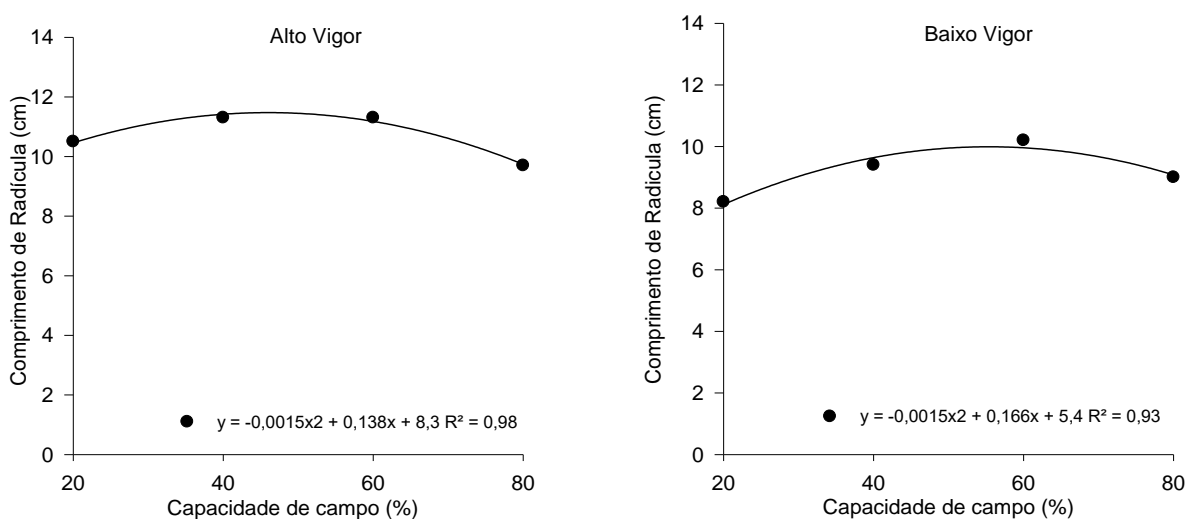


Figura 8- Comprimento de radícula expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico em areia.

Para a variável massa seca de plântulas, não houve diferença significativa entre os tratamentos e capacidades de campo, tanto para o lote de alto como para o de baixo vigor.

Esse trabalho proporcionou resultados interessantes sobre os danos que o estresse hídrico pode proporcionar para as plântulas, que posteriormente comprometerão o estabelecimento da cultura no campo. Além disso, demonstra as diferentes respostas que as plântulas originadas com sementes de diferentes níveis de vigor apresentam quando submetidas a condições de deficiência hídrica e aplicação de tiametoxam e polímeros via tratamento de sementes.

#### 5.4.CONCLUSÃO

Para ambos os lotes tanto o estresse hídrico simulado em rolos de papel como em areia, houve redução do desempenho fisiológico das sementes. Sob estresse hídrico, o tiametoxam com ou sem associação aos polímeros melhorou o desempenho em plântulas de soja de baixo vigor quando submetidas a estresse hídrico.

## 5.5.REFERÊNCIAS

ABUD, H. F. et al. Qualidade fisiológica de sementes das pimentas malagueta e biquinho durante a ontogênese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1546- 1553, 2013.

ADAK, T. et al. Role of nano-range amphiphilic polymers in seed quality enhancement of soybean and imidacloprid retention capacity on seed coatings. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 13, p. 4351-4357, 2016.

ALMEIDA, A. S. et al. The role of bioactivators in the physiological performance of rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 501-510, 2011.

BANSAL, R. P. et al. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. *Biologia Plantarum*, v. 22, n. 5, p. 327-331, 1980.

BEWLEY, J. D. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*. 3.ed. New York: Springer, 2013. 392p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009, 395 p.

CARVALHO, N. L.; PERLIN, R. S.; COSTA, E. C. Thiametoxam em tratamento de sementes. **Monografias Ambientais**, v.2, n.2, p.158-175, 2011.

CARVALHO, I. R. et al. desempenho fisiológico da soja com regulação hídrica por manitol. **Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 34-43, 2016.

CASTRO, P. R. C.; PEREIRA, M. A. **Bioativadores na agricultura**. In. *Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira.*: Vozes, p. 118-126, 2008.

DAN, L. G. M. et al. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

KAPPES, C. et al. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2010.

KHAN, M. S. A. et al. Matter Production and Seed Yield of Soybean as Affected by Post-Flowering Salinity and Water Stress. **Bangladesh Agronomy Journal**, v. 19, n. 2, p. 21-27, 2017.

KOLCHINSKI, E. M. SCHUCH, L. O. B.; E PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor de sementes. **Rev. Bras. Agroc.** 12:163 – 166, 2006.

KUNKUR, et al. Effect of Seed Coating with Polymer, Fungicide and Insecticide on Seed Quality in Cotton During Storage. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v.20, n.1, p.137-139, 2007.

LAUXEN, L. R. et al. Physiological response of cotton seeds treated with thiamethoxam under heat stress. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 2, p. 140-147, 2016.



- MOHAMMADI, H. et al. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. **International Journal of Plant Production**, v. 5, n. 1, p. 65-70, 2012.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina, cap. 2, 1999. p.1-24.
- PEDRINI, S. et al. Seed coating: science or marketing spin? **Trends in plant science**, v. 22, n. 2, p. 106-116, 2017.
- PELEGRINI, L. L. et al. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p.511-519, 2013.
- PEREIRA, C.E.; et al. Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. **Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 3, p. 433-440, 2009.
- SCHEEREN, B. R., et al. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. *Revista brasileira de sementes*, v.32, n.3, 2010.
- SOUZA, T. C. de. et al. ABA application to maize hybrids contrasting for drought tolerance: changes in water parameters and in antioxidant enzyme activity. **Plant Growth Regulation**, v. 73, n. 3, p. 205-217, 2014.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora, 2017.
- VIÇOSI, K. A. et al. Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, Suplemento 1, p. 36-42, dez. 2017.
- VIEIRA, F. C. F. et al. Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de soja submetidos a déficit hídrico induzido por PEG 6000. **Biosci. J.**, v. 29, n. 2, p. 543-552, 2013.
- VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1957- 1968, 1991.

## 6. ARTIGO III: PRODUÇÃO DE PLANTAS DE SOJA ORIUNDAS DE SEMENTES COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR TRATADAS COM POLÍMEROS E TIAMETOXAM

RESUMO – O trabalho teve como objetivo avaliar as respostas em nível de campo, na produção de plantas originadas a partir de sementes com diferentes níveis de vigor e tratadas com o ingrediente ativo tiametoxam e polímeros. Foram conduzidos dois experimentos, realizados durante as safras agrícolas de 2019/20 e 2020/21, instalados a campo no município de Santa Maria. Foram selecionados dois lotes de sementes de soja classificados em alto e baixo vigor e o tratamento de sementes aplicado nos lotes foram T1= Controle, T2= Tratamento químico (Tiametoxam), T3= Tratamento químico + polímero Laborsan e T4= Tratamento químico + polímero Likoseed. Em laboratório foram realizados os testes de germinação e primeira contagem de germinação, a fim de quantificar a qualidade fisiológica dos lotes utilizados. As avaliações no experimento de campo foram sobrevivência de plantas, altura de plantas, diâmetro do caule, número de legumes por planta, número de grãos por legume e produtividade de grãos. Os resultados demonstram que o índice de sobrevivência de plantas de soja é afetado pelo vigor do lote utilizado. Em condições ambientais desfavoráveis no início do ciclo da cultura o tratamento de sementes com tiametoxam e polímero influenciam de forma positiva no desenvolvimento de sementes com menor vigor. Plantas de soja conseguem se recuperar da redução da densidade de plantas através de sua característica de plasticidade. Em condições climáticas do ambiente como precipitação e temperatura favoráveis, a produtividade não foi influenciada pelo vigor das sementes.

**Palavras-chaves:** *Glycine max* (L.) Merrill. Produtividade. Estande de plantas.

## 6.1.INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill), se destaca como uma das principais espécies cultivadas no território brasileiro em termos econômicos e de produção (CARVALHO et al., 2020). Esse destaque cada vez maior para essa oleaginosa se dá pelo constante aumento populacional global, unido com suas múltiplas utilizações, como na alimentação humana e animal, além da produção de biocombustíveis (WU et al., 2018). Devido a toda essa importância e demanda, é importante que se tenha atenção ao campo desde antes da semeadura até a pós-colheita.

No momento em que é realizada a semeadura no campo deve se levar em consideração além das características do solo, a qualidade das sementes que serão utilizadas, já que a obtenção de uma lavoura com população adequada de plantas está diretamente condicionada à utilização de sementes de boa qualidade fisiológica. A qualidade fisiológica das sementes é determinante na sua capacidade de germinar e emergir rapidamente e produzir uma emergência uniforme com plantas vigorosas (MOHAMMADI et al., 2012). Quando utilizadas sementes com uma menor qualidade fisiológica e conseqüentemente menor vigor, estas terão maior desuniformidade de emergência, morte de plantas ainda no início do ciclo da cultura, o que acarretará prejuízos na produtividade no momento da colheita (CANTARELLI et al., 2015).

A partir do momento em que são semeadas no campo, estas sementes ficam expostas a diversos estresses bióticos e abióticos, os quais são fatores importantes e que possuem impacto no desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, são responsáveis por perdas severas no campo (REJEB et al., 2014; SILVA et al., 2019). Além de estresses bióticos pela ação de pragas e doenças, períodos com déficit hídrico após a semeadura também podem causar a deterioração das sementes, prejudicando o potencial fisiológico, interferindo na emergência de plântulas tendo como consequência a redução no estande de plantas a campo (STAMM et al., 2016).

Como manejo preventivo, principalmente por estresses bióticos, pode se fazer o uso do tratamento de sementes. Esse processo visa à aplicação de ingredientes ativos que contribuam à proteção da semente, garantindo a capacidade de expressão do seu potencial genético, fornecendo à planta condições de defesa, em que traz a possibilidade de obtenção de maior potencial para o desenvolvimento inicial da cultura e posterior produtividade (CASTRO; PEREIRA, 2008; ABATI et al., 2018).

Alguns defensivos aplicados através do tratamento de sementes podem trazer, além do efeito protetor, certos tipos de efeitos na fisiologia da planta, podendo auxiliar no crescimento inicial como também no desenvolvimento das plantas submetidas a estresses tanto bióticos

como abióticos, sendo denominados bioativadores (DAN et al., 2012; FERREIRA et al., 2022). O ingrediente ativo tiametoxam é comumente utilizado no tratamento de sementes de soja, e também é considerado um bioativador devido a sua ação na planta. O tratamento de sementes com o ingrediente ativo tiametoxam confere alterações benéficas na planta, em que aumentam sua tolerância ao estresse hídrico, gerando efeito positivo sobre o rendimento de grãos da cultura da soja (BALARDIN et al., 2011). Dessa forma, a utilização do ingrediente ativo tiametoxam via tratamento de sementes pode se tornar uma alternativa para fornecer melhores condições para a plântula se desenvolver em condições de estresses abióticos no campo.

Aliado ao tratamento fitossanitário em sementes, é comum a utilização de polímeros, que estes visam melhorar o recobrimento dos produtos na semente, além de diminuir as perdas de produto para o ambiente (AVELAR et al., 2012; LUDWIG et al., 2020). Outros benefícios do tratamento de sementes com polímeros poderão ser a melhoria no desempenho germinativo e estabelecimento das plantas quando expostas às condições desfavoráveis, já que a peliculização pode retardar a entrada de água diminuindo os danos de embebição e resultando em aumento da germinação (PEREIRA et al., 2009).

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo avaliar as respostas na produção das plantas em nível de campo, originadas a partir de sementes com diferentes níveis de vigor e tratadas com o ingrediente ativo tiametoxam e polímeros.

## 6.2.MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, realizados durante as safras agrícolas de 2019/20 e 2020/21, instalados a campo no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29° 43' 23''S, longitude: 53° 43' 15''W e altitude: 95 m). O solo da área experimental é arenoso, com horizonte B textural, sendo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento São Pedro (STRECK et al., 2008).

Foi realizada a análise do solo e a correção da fertilidade efetuada conforme as recomendações do Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFSRS/SC, 2016), para a cultura esperando atingir no mínimo 4000 kg ha<sup>-1</sup> e os demais manejos culturais foram realizados conforme as indicações para a cultura da soja (SALVADORI et al., 2016).

Foi utilizada a cultivar Nidera NA5909, de ciclo precoce e hábito de crescimento indeterminado. Os lotes selecionados com os resultados do termo de conformidade foram classificados em alto e baixo vigor.

O tratamento de sementes foi realizado utilizando os produtos: inseticida Cruiser 350FS (i.a. tiametoxam) na dose de 2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes e os polímeros Laborsan e Likoseed, aplicados na dose de 1,5 mL kg<sup>-1</sup> de sementes. A quantidade de produto foi aplicada seguindo a recomendação dos fabricantes. Os tratamentos realizados para cada lote foram os seguintes:

T1= Controle

T2= Tratamento químico (Tiametoxam)

T3= Tratamento químico + polímero Laborsan

T4= Tratamento químico + polímero Likoseed

O tratamento de sementes foi realizado em sacos plásticos, em que os produtos foram aplicados sobre a semente e realizada a agitação para a homogeneização do tratamento. Após a realização do tratamento as sementes foram acondicionadas em sacos de papel do tipo kraft e armazenadas em laboratório para posterior realização do experimento.

A unidade experimental foi composta por 5 linhas espaçadas de 0,50 m com comprimento de 2,5 m. A área útil de cada parcela (3,75 m<sup>2</sup>) sendo constituída pelas três linhas centrais, excluindo-se 0,25 m de cada extremidade. A semeadura foi realizada tendo como base o teste padrão de germinação, buscando atingir a população recomendada para a cultivar que é de 28 plantas m<sup>-2</sup>.

As avaliações realizadas em laboratório foram as seguintes:

Teste padrão de germinação (G): Foi realizado em laboratório, com base nas Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009), por meio da semeadura de quatro repetições com 50 sementes em rolos de papel germiteste umedecido com água na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos foram colocados em sacos plásticos e, em seguida, em germinador à temperatura de 25 °C por oito dias, com luz constante, quando foi realizada a avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de primeira contagem de germinação (PC): foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as médias de plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

A semeadura da safra 2019/20 foi realizada dia 06/11/2019, sendo a colheita efetuada em 23/03/2020, em que o experimento foi conduzido a campo por 138 dias. A semeadura 2020/21 foi realizada dia 24/10/2020 e a colheita tendo sido realizada em 25/03/2021, permanecendo no campo por 152 dias.

As avaliações no experimento de campo foram as seguintes:

Sobrevivência de plantas (S) – Foi realizada a contagem do número de plantas em dois metros lineares da linha central das parcelas no final do ciclo da cultura e esta foi comparada

com a população desejada no momento da sementeira. O resultado foi expresso em porcentagem de sobrevivência.

Altura de plantas (A): foi obtida através da medição da distância entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal, em duas plantas aleatórias na linha central da parcela, com auxílio de uma trena, o resultado foi expresso em centímetros.

Diâmetro do caule (D): realizado juntamente com a altura de plantas em que foi medido o diâmetro do caule a 5 cm de altura do solo, em duas plantas aleatórias na linha central da parcela, com auxílio de um paquímetro, sendo o resultado expresso em centímetros.

Número de legumes por planta (L): obtido através da média da contagem dos legumes de duas plantas escolhidas de forma aleatória na linha central de cada parcela.

Número de grãos por legume (G): determinado através da contagem de todos os legumes em duas plantas de cada parcela escolhidas de forma aleatória na linha central de cada parcela.

Produtividade de grãos (P): foi realizado através da pesagem dos grãos colhidos em dois metros lineares dentro de uma das linhas da área útil da parcela, em que estes resultados foram transformados em  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigidos para 13% de umidade.

Trabalhos experimentais anteriores identificaram que a área em que foi realizado o experimento possuía alta homogeneidade, dessa forma foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado. Como cada tratamento de sementes dentro dos lotes foi considerado como um tratamento, optou-se por analisar os dados como unifatorial. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas, utilizando-se teste de Scott-Knott, adotando-se o nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2019).

### 6.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Previamente à sementeira do experimento no campo foi realizada a avaliação da caracterização inicial dos lotes (Tabela 1) com as sementes submetidas a tratamento fitossanitário e polímeros. Constatou-se que os mesmos apresentaram diferenças significativas quanto a qualidade fisiológica para ambas as safras. Tanto para a safra 2019/20 como para a safra 2020/21, as avaliações do vigor por primeira contagem e de germinação mostraram redução em seus índices nos lotes de baixo vigor. Essa diferença na qualidade fisiológica aliada a práticas adequadas de manejo proporciona em plantas oriundas de lotes com maior vigor um maior índice de velocidade de emergência com menores chances de estresses bióticos e abióticos evitando prejuízos durante o cultivo (VENTURA et al., 2020).

Tabela 1 - Vigor por primeira contagem (PC) e germinação (G) de plântulas de soja oriundas de diferentes lotes com as sementes submetidas a tratamento fitossanitário e polímeros.

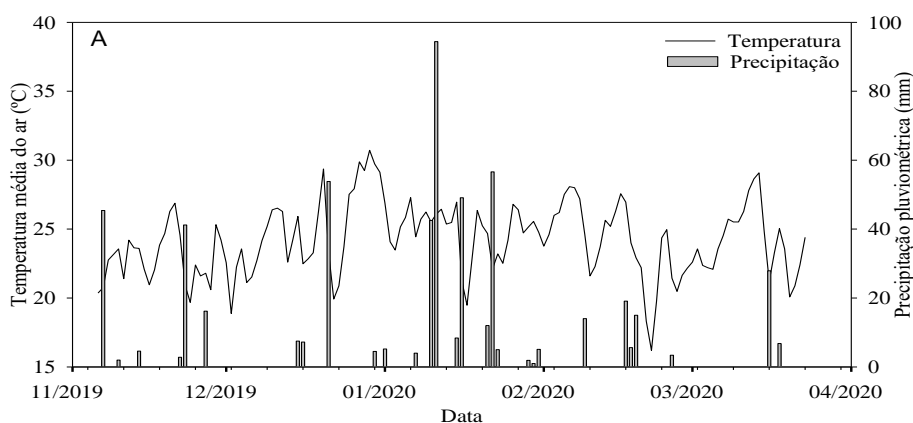
LOTE	SAFRA 2019/20		SAFRA 2020/21	
	PC (%)	G (%)	PC (%)	G (%)
ALTO VIGOR	83 a	91 a	82 a	93 a
BAIXO VIGOR	72 b	87 b	72 b	86 b
CV (%)	8,82	3,96	5,79	3,1

<sup>1</sup> Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

As condições meteorológicas durante a condução do experimento foram acompanhadas através de dados obtidos da estação meteorológica do 8º Distrito de Meteorologia do INMET, localizado no Departamento de Fitotecnia da UFSM.

Durante a condução do experimento, a temperatura média diária na safra 2019/20 (Figura 1A) foi de 24,1 °C e na safra 2020/21 (Figura 1B) foi de 23,1 °C, permanecendo próximo da temperatura ótima de desenvolvimento para a cultura da soja, proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento no campo. A precipitação registrada durante o ciclo de desenvolvimento da cultura foi de 547 mm para a safra 2019/20 e 565 mm para a safra 2020/21.

De modo geral, observou-se que a precipitação ocorreu de forma adequada durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. Porém, logo após a semeadura da primeira safra, foi registrada uma chuva de 47 mm, que ocorreu de forma acelerada. Como o solo da área experimental havia sido escarificado para a realização da semeadura, este ficou sem cobertura e acabou formando um selamento superficial, prejudicando a emergência das plântulas.



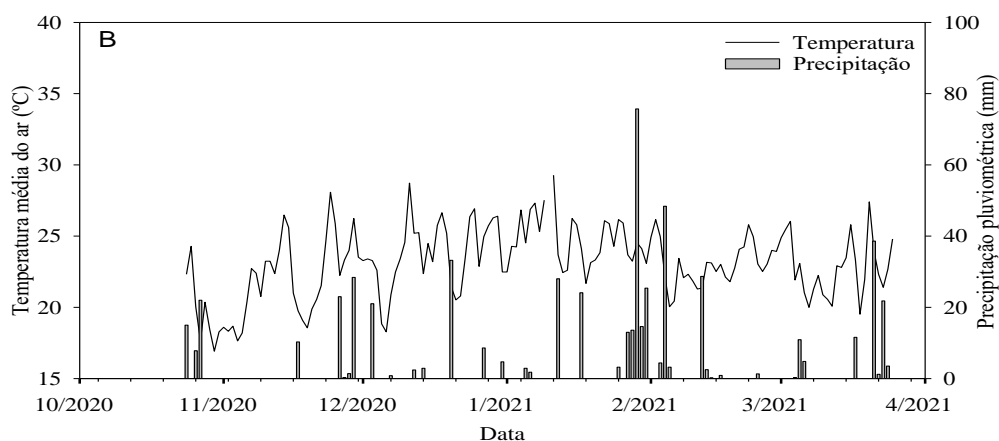


Figura 1 - Temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) durante o ciclo da cultura da soja nos anos agrícolas de 2019/20 (A) e 2020/21 (B).

Devido ao estresse climático ocasionado no início do ciclo de cultivo da primeira safra, esta ficou prejudicada e teve índices gerais inferiores ao segundo ano do experimento. Dessa forma, optou-se por não comparar os anos agrícolas, mas sim as respostas entre os tratamentos dentro de cada condição.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos na condução do primeiro ano de experimento (2019/20). Analisando os resultados, observa-se que houve respostas significativamente diferentes entre os dois lotes de sementes de soja para variáveis analisadas.

Tabela 2- Porcentagem de sobrevivência (S) (%), Altura de plantas (A) (cm), Diâmetro de caule (D) (cm), Legumes por planta (L) ( $pl^{-1}$ ), Grãos por legume (G) ( $L^{-1}$ ) e produtividade de plantas de soja (P) ( $kg\ ha^{-1}$ ) da cultivar Nidera NA 5909 de dois lotes submetidos a tratamento de sementes na safra 2019/20.

SAFRA 2019/20							
	TRATAMENTO	S (%)	A (cm)	D (cm)	L ( $pl^{-1}$ )	G ( $L^{-1}$ )	P ( $kg\ ha^{-1}$ )
ALTO VIGOR	T1	80 a	122 ns	1,1 b	32 d	2,3 ns	2101 a
	T2	71 a	126	1,2 b	42 d	2,2	2410 a
	T3	86 a	123	1,2 b	49 d	2,2	2595 a
	T4	74 a	122	1,2 b	41 d	2,3	2227 a
BAIXO VIGOR	T1	35 b	121	1,7 a	98 a	2,2	1557 b
	T2	40 b	130	1,4 a	71 b	2,3	2073 a
	T3	43b	120	1,4 a	60 c	2,3	1953 a
	T4	47 b	119	1,4 a	57 c	2,2	1962 a
CV (%)		19,94	7,61	16,28	23,63	5,1	23,31

<sup>1</sup> Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ns: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade.



Houve grau de significância na variável sobrevivência (S) de plantas ao final do ciclo da cultura, sendo que o lote de maior qualidade fisiológica apresentou resultados muito superiores ao lote de baixo vigor. Tal fato se deve ao estresse inicial que essas sementes sofreram no processo de germinação devido ao selamento superficial ocasionado pela alta precipitação logo após a sementeira. Apesar de Pereira et al. (2009) relatarem a característica da peliculização de retardar a entrada de água na semente diminuindo os danos de embebição, essa técnica não foi suficiente para evitar os danos devido a alta precipitação que ocasionou a formação de crostas no solo.

O selamento superficial do solo interfere através do impedimento mecânico à germinação de sementes e a consequente emergência das plântulas; além da falta de aeração e troca gasosa abaixo da superfície da crosta formada, o que retarda o desenvolvimento radicular (DE MACEDO et al., 2006). Desse modo, devido ao lote de menor qualidade fisiológica ter menores condições de desenvolvimento em estresses, foi mais prejudicado nesse processo inicial de desenvolvimento.

A altura de plantas (A) não foi influenciada pelos diferentes níveis de vigor, sendo essa uma característica muito própria da cultivar. Para o diâmetro do caule das plantas no momento da colheita (D), as plantas do lote de baixo vigor independente do tratamento de sementes realizado, apresentaram maiores valores. Esse resultado também foi encontrado por Peluzio et al. (2000), que justificou essa diferença em função da diferença na população de plantas. Esse resultado pode ser justificado pela competição das plantas, por nutrientes e luz incidente, favorecendo onde há uma menor densidade de plantas.

O número de legumes por planta (L) foi maior nas plantas oriundas do lote de baixo vigor, sendo este justificado pela menor densidade de plantas que permaneceu no campo até o final do cultivo. As plantas de soja podem compensar a baixa população emitindo mais ramos, aumentando o crescimento de cada ramo, ou até mesmo aumentando o crescimento do caule e a produtividade (BALBINOT JUNIOR et al., 2018; CARVEZAN et al., 2018), existindo uma relação inversa entre a população de plantas e o número de legumes por planta (CARPENTER; BOARD, 1997). O número de grãos por legume não teve diferenças significativas entre os diferentes tratamentos.

A produtividade de grãos (P) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos para o lote de alto vigor e para as plantas de baixo vigor oriundas de sementes tratadas com polímero ou não. O padrão de sementes de baixo vigor que não recebeu nenhum tratamento (T1) apresentou produtividade inferior a todos os demais. Devido a sementes de baixo vigor apresentarem maiores dificuldades de se desenvolver em condições adversas e o

ingrediente ativo tiametoxam ter características bioativadoras, as sementes tratadas podem ter se beneficiado dessa característica do tratamento de sementes. Os produtos com propriedades bioativadoras permitem que as plantas enfrentem melhor as condições adversas, tais como estresses hídricos e por temperaturas altas (BALARDIN et al., 2011; LAUXEN et al., 2016)

Apesar do lote de menor qualidade fisiológica apresentar menor estande de plantas, as plantas oriundas de sementes tratadas apresentaram rendimento estatisticamente semelhante às originadas do lote de alto vigor. Uma característica importante da cultura da soja é a sua alta plasticidade, ou seja, capacidade de se adaptar a diferentes condições. Estudos relatam que a soja apresenta alta plasticidade fenotípica, incluindo a capacidade de alterar seus componentes de crescimento e rendimento em função do número de indivíduos por área, mantendo assim uma produtividade constante em uma ampla gama de densidades de plantas (PETTER et al., 2016; CARCIOCHI et al., 2019).

Apesar da produtividade ter resultados semelhantes entre os tratamentos, esta teve média geral inferior ao normalmente obtido em condições gerais de campo, sendo que no experimento da safra 2019/20 a média de produtividade foi de 2109 kg ha<sup>-1</sup>. Isso demonstra a importância de se ter um adequado estabelecimento inicial das plantas no campo, já que problemas no início do ciclo da cultura irão refletir na sua produção final.

Os resultados do experimento da segunda safra (Tabela 3), não demonstraram diferenças estatísticas significativas para as variáveis altura de plantas (A), diâmetro de caule (D) e número de grãos por legume (G). Como não ocorreram estresses significativos durante o período de cultivo, muitas variáveis apresentaram índices semelhantes para os diferentes lotes e tratamentos.

Tabela 3- Porcentagem de sobrevivência (S) (%), Altura de plantas (A) (cm), Diâmetro de caule (D) (cm), Legumes por planta (L) (pl<sup>-1</sup>), Grãos por legume (G) (L<sup>-1</sup>) e produtividade de plantas de soja (P) (kg ha<sup>-1</sup>) da cultivar Nidera NA 5909 de dois lotes submetidos a tratamento de sementes na safra 2020/21.

SAFRA 2020/21							
	TRATAMENTO	S (%)	A (cm)	D (cm)	L (pl <sup>-1</sup> )	G (L <sup>-1</sup> )	P (kg ha <sup>-1</sup> )
ALTO VIGOR	T1	69 b	117 ns	1,2 ns	61 b	2,1 ns	4402 ns
	T2	72 b	118	1,2	68 b	2,1	4125
	T3	84 a	120	1,1	72 b	2,1	4350
	T4	80 a	118	1,2	68 b	2	4572
BAIXO VIGOR	T1	42 c	118	1,6	109 a	2,2	4147
	T2	73 b	121	1,4	76 b	2,2	4492
	T3	68 b	126	1,3	78 b	2,1	4555
	T4	63 b	126	1,1	63 b	2,2	4425
	CV (%)	10,49	6,33	22	28,41	6,08	14,6

<sup>1</sup> Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para a sobrevivência de plantas (S) apresentaram disparidades entre os tratamentos para ambos os lotes de sementes. Plantas oriundas do lote de alto vigor e tratadas com polímeros associados ao tratamento químico de sementes (T3 e T4) apresentaram médias de sobrevivência superiores a todas as demais. Devido à característica e proteção das sementes pelos polímeros, estas tendem a apresentar melhor germinação e emergência em relação às mudanças de temperatura e umidade do ambiente, quando submetidas ou não a condições adversas (ADAK et al., 2016; AFZAL et al., 2020).

O tratamento controle (T1) para o lote de baixo vigor foi o que apresentou piores resultados, mostrando a importância do tratamento de sementes no estabelecimento da cultura no campo, principalmente em sementes de menor qualidade fisiológica e mais suscetíveis a estresses no ambiente. A utilização de produtos químicos no tratamento de sementes irá fornecer à planta condições de defesa, em que traz a possibilidade de aumentar o potencial de desenvolvimento e estabelecimento inicial da cultura (CASTRO; PEREIRA, 2008).

O número de legumes por planta (L) foi influenciado pelo vigor e tratamento de sementes, sendo que as plantas originadas do lote de baixo vigor e sem tratamento apresentaram maior número quando comparadas aos demais. Isso está diretamente ligado ao fato de que a população de plantas era inferior aos demais tratamentos. Como mencionado anteriormente, devido a característica de plasticidade da planta de soja, esta tem condições de se adaptar ao ambiente e compensar a menor população de plantas através da emissão de mais ramos e aumento do número de legumes.

A produtividade de grãos (P) não apresentou diferenças entre lotes e tratamentos. Em trabalho realizado por Rossi et al. (2017) em que encontraram resultado semelhante, justificou-se que se fatores edafoclimáticos são adequados ao exigido pela cultura; plantas originadas de sementes de baixo vigor conseguem recuperar-se dos atrasos iniciais no campo e não resultarão em perdas significativas na produtividade.

A disponibilidade hídrica durante a fase de desenvolvimento da cultura constitui-se como uma das principais limitadoras à expressão do potencial de rendimento da cultura da soja (ZANON et al., 2018). A distribuição adequada da precipitação pluviométrica permite a obtenção de maiores rendimentos, principalmente quando ocorre nas fases mais críticas do desenvolvimento da planta.

#### 6.4.CONCLUSÃO

O índice de sobrevivência de plantas de soja é afetado pelo vigor do lote utilizado. Em condições de estresse no início do ciclo da cultura o tratamento de sementes com tiametoxam e polímero influenciam de forma positiva no desenvolvimento de sementes com menor vigor.

Plantas de soja conseguem se recuperar da redução da densidade de plantas através de sua característica de plasticidade. A distribuição do número de legumes por planta é influenciada pelo efeito da variação da população.

Em condições climáticas do ambiente como precipitação e temperatura favoráveis, a produtividade não foi influenciada pelo vigor das sementes.

## 6.5.REFERÊNCIAS

- ABATI, J., et al. Physiological potential of soybean seeds treated in the industry with and without the application of dry powder. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 2, p 188-193, 2018.
- ADAK, T. et al. Role of nano-range amphiphilic polymers in seed quality enhancement of soybean and imidacloprid retention capacity on seed coatings. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 13, p. 4351-4357, 2016.
- AFZAL, I. et al. Modern seed technology: Seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance. **Agriculture**, v. 10, n. 11, p. 526, 2020.
- AVELAR, S. A. G. et al. The use of film coating on the performance of treated corn seed. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 186-192, 2012.
- BALARDIN, R. S. et al. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Plasticidade fenotípica em cultivar de soja com tipo de crescimento indeterminado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 1038-1044, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009, 395 p.
- CANTARELLI, L. D. et al. Variability of soybean plants originated from seeds with different physiological quality levels. **Acta Agronômica**, v.64, n.3, p. 218-222, 2015.
- CARCIOCHI, Walter D. et al. Soybean seed yield response to plant density by yield environment in North America. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 4, p. 1923-1932, 2019.
- CARPENTER, A.C.; BOARD, J.E. Branch yield componentes controlling soybean yield stability across plant populations. **Crop Science**, v.37, n.3, p.755-761, 1997.
- CARVALHO, E.R.; et al. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v.42, e202042036, 2020.
- CARVEZAN, A.; et al. How does seed vigor affect soybean yield components? **Agronomy Journal**, v.110, n.4, p.1-10, 2018.
- CASTRO, P. R. C.; PEREIRA, M. A. Bioativadores na agricultura. In. **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira.**: Vozes, p. 118-126, 2008.
- CQFSRS/SC, Comissão de Química e Fertilidade do Solo- RS/SC. Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** - Núcleo Regional Sul, 2016.
- DAN, L. G. M. et al. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

DE MACEDO, J. R. et al. **Selamento superficial em latossolo vermelho distroférico tratado com lodo de esgoto**. 2006.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de biometria** , v. 37, p. 529-535, 2019.

FERREIRA, L. L. et al. Soybean seedling performance in diferente seed treatments. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 8, p. 1-11, 2022.

LAUXEN, L. R. et al. Physiological response of cotton seeds treated with thiamethoxam under heat stress. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 2, p. 140-147, 2016.

LUDWIG, E. J. et al. Polymer coating in soybean seed treatment and their relation to leaching of chemicals. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 6, 2020.

MOHAMMADI, H. et al. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. **International Journal of Plant Production**, v. 5, n. 1, p. 65-70, 2012.

PELUZIO, J.M. et al. Densidade e espaçamento de plantas de soja variedade Conquista em Gurupi, TO. **Bioscience Journal.**, v. 16, p. 3-13, 2000.

PEREIRA, C.E. et al. Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. **Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 3, p. 433-440, 2009.

PETTER, F.A. et al. Elevada densidade de sementeira aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v.75, p.173-183, 2016

REJEB, I., PASTOR, V., MAUCH-MANI, B. Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. **Plants**, v. 3, n. 4, p. 458-475, 2014.

ROSSI, R.F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. de B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.60, n.3, p.215-222, 2017.

SALVADORI, J. R. et al. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina**, safras 2016/2017 e 2017/2018. Editora UPF, 2016.

SILVA, M. F. et al. Tolerância do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) à salinidade e estresse hídrico durante a germinação das sementes e crescimento inicial das plântulas. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 43, p. 1-13, 2019.

STAMM, M. D. et al. Uptake and translocation of imidacloprid, clothianidin and flupyradifurone in seed-treated soybeans. **Pest management science**, v. 72, n. 6, p. 1099-1109, 2016.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. - 2 ed.- Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 222 p, 2008.

VENTURA, M. V. A. et al. Comparison of conventional and transgenic soybean production costs in different regions in Brazil. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. 1-15, 2020.

WU, W. et al. Global cropping intensity gaps: Increasing food production without cropland expansion. *Land Use Policy*, 76, p. 515-525, 2018.

ZANON, Alencar Júnior et al. **Ecofisiologia da soja visando altas produtividades**. Santa Maria: Palloti, 2018.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos estudos realizados, é possível observar que o tratamento de sementes influencia nas respostas das plantas de soja, demonstrando a importância de se realizar essa técnica e de se fazer pesquisas que venham contribuir para o melhor entendimento e aplicação em nível de produtor rural.

Através dos resultados obtidos nos artigos apresentados conclui-se que a utilização de polímero associado ao tratamento fitossanitário se mostrou um método eficiente, pois pode aumentar a absorção de ingrediente ativo pelas plântulas de soja. Dessa forma, a planta pode se beneficiar desse aumento na movimentação de ingredientes ativos para seu interior, tanto na proteção contra estresses bióticos pela ação de pragas e patógenos, como também na sua fisiologia através dos mecanismos de defesa em estresses abióticos.

A molécula tiametoxam proporcionou melhor desenvolvimento em plântulas de soja oriundas de lote com baixo vigor quando submetidas a estresse hídrico, comprovando sua característica bioativadora. Porém, mesmo assim, estas apresentaram desenvolvimento inferior a plântulas de maior qualidade fisiológica, demonstrando a importância da utilização de sementes de alta qualidade fisiológica, em que essas poderão suportar melhor as condições adversas.

As respostas em nível de campo confirmaram que em condições de estresse no início do ciclo da cultura o tratamento de sementes com tiametoxam e polímero influenciam de forma positiva no desenvolvimento de plantas oriundas de sementes com menor qualidade fisiológica.

Plantas de soja conseguem se recuperar da redução da densidade de plantas através de sua característica de plasticidade. E por fim, em condições climáticas do ambiente como precipitação e temperatura favoráveis, a produtividade não foi influenciada pelo vigor das sementes.

Conclui-se que substâncias aplicadas via tratamento de sementes têm demonstrado respostas positivas na melhoria dos resultados quando as plantas são confrontadas com estresses no campo. A técnica do tratamento de sementes já é consolidada e a crescente utilização do tratamento de sementes realizado na forma industrial pode auxiliar na eficiência da aplicação desses produtos, potencializando o resultado dessa interação.



## 8. APÊNDICES

### 8.1.ARTIGO I

Apêndice A – Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas: Índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), comprimento da radícula (CR), comprimento de hipocótilo (CH), massa seca de plântulas (MS), em sementes de soja submetidas a tratamento químico associado a polímeros.

FV	GL	Quadrados Médios				
		IVE	E	CR	CH	MS
Tratamentos	3	0,02	39,58	0,33	0,53*	1,19
Resíduo	12	0,12	18,75	1,98	0,13	3,42
CV (%)		4,37	4,47	9,91	7,03	8,47

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação \*Significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice B - Resumo da análise de variância da absorção de ingrediente ativo tiametoxam em sementes de soja submetidas a tratamento químico associado a polímeros.

FV	GL	Quadrado Médios
		Absorção
Estádios	1	82,347*
Tratamentos	3	116,60*
Estádio x Tratamentos	3	18,06*
Resíduo	24	0,66
CV (%)		13,19

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação \*Significativo a 5% de probabilidade.

## 8.2.ARTIGO II

Apêndice C - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas: primeira contagem (PC), germinação (G), comprimento da radícula (CR), comprimento de hipocótilo (CH) e massa seca de plântulas (MS), em lote de sementes de soja de alto vigor submetidas a tratamento químico com bioativador associado a polímeros em condições de estresse hídrico simulado em PEG.

FV	GL	Quadrados Médios				
		PC	G	CR	CH	MS
			41578,81			
Pot. Osmótico	3	43029,26*	*	204,48*	520,20*	3813,09*
Tratamento	5	9,75	22,64	5,60	0,07	14,66
Pot. Osmótico x Trat.	15	6,90	10,41	4,83	1,13	7,52
Resíduo	72	6,43	24,40	3,91	0,39	6,49
CV (%)		9,21	13,27	17,89	13,76	9,90

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação \*Significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice D - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas: primeira contagem (PC), germinação (G), comprimento da radícula (CR), comprimento de hipocótilo (CH) e massa seca de plântulas (MS), em lote de sementes de soja de alto vigor submetidas a tratamento químico com bioativador associado a polímeros em condições de estresse hídrico simulado em PEG.

FV	GL	Quadrados Médios				
		PC	G	CR	CH	MS
			31256,04			
Pot. Osmótico	3	33242,70*	*	146,25*	539,43*	1961,60*
Tratamento	5	40,04*	72,44	9,47*	1,71	12,87
Pot. Osmótico x Trat.	15	17,97*	31,30	6,12*	2,61	6,52
Resíduo	72	21,26	39,70	2,15	2,01	4,79
CV (%)		16,83	17,14	14,00	17,24	9,27

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação \*Significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice E - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas: germinação (G), comprimento da radícula (CR), comprimento de hipocótilo (CH) e massa seca de plântulas (MS), em lote de sementes de soja de alto vigor submetidas a tratamento químico com bioativador associado a polímeros em condições de estresse hídrico simulado em areia.

FV	GL	Quadrados Médios			
		G	CR	CH	MS
				132,19	
Cap. retenção	3	1745,83*	21,50*	*	0,04
Tratamento	3	95,83	1,11	15,73	0,01
Cap. retenção x Trat.	9	13,88	1,95	2,74	0,01
Resíduo	48	65,62	1,04	1,42	0,006
CV (%)		8,76	9,74	11,44	12,52

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação \*Significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice F - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas: germinação (G), comprimento da radícula (CR), comprimento de hipocótilo (CH) e massa seca de plântulas (MS), em lote de sementes de soja de baixo vigor submetidas a tratamento químico com bioativador associado a polímeros em condições de estresse hídrico simulado em areia.

FV	GL	Quadrados Médios			
		G	CR	CH	MS
Cap. retenção	3	2105,7	31,28*	161,96*	0,02
Tratamento	3	464,07	8,37	1,47	0,01
Cap. retenção x Trat.	9	157,11*	3,37	2,45	0,01
Resíduo	48	90,10	1,91	1,91	0,003
CV (%)		11,48	14,24	15,14	18,95

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação \*Significativo a 5% de probabilidade.

## 8.3.ARTIGO III

Apêndice G - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas vigor por primeira contagem (PC) e germinação (G) de plântulas de soja oriundas de diferentes lotes com as sementes submetidas a tratamento fitossanitário e polímeros.

FV	GL	Quadrados Médios Safra		Quadrados Médios Safra	
		2019/20		2020/21	
		PC	PC	G	G
Lote	1	1012,5*	703,12*	220,5*	253,12*
Tratamento	3	76,25	52,12	15,16	12,12
Lote x Trat.	3	50,25	10,79	41,83	8,45
Resíduo	24	46,89	20,4	7,5	12,70
CV (%)		8,82	5,79	3,10	3,96

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação \*Significativo a 5% de probabilidade.

Apêndice H - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas: Porcentagem de sobrevivência (S), Altura de plantas (A), Diâmetro de caule (D), Legumes por planta (L), Grãos por legume (G) e produtividade de plantas (P) de soja oriundas de diferentes lotes com as sementes submetidas a tratamento fitossanitário e polímeros nas safras 2019/20 e 2020/21.

FV	GL	Quadrados Médios						
		S	A	D	L	G	P	
2019/20	Tratamento	7	1637,15*	54,92	0,15*	2134,42*	0,04	5145,24*
	Resíduo	24	140,70	87,90	0,04	172,61	0,01	761,11
	CV (%)		19,94	7,61	16,28	23,63	5,10	23,31
2020/21	Tratamento	7	675,05*	65,60	0,08	925,12*	0,03	1158,50
	Resíduo	24	51,15	58,46	0,07	447,08	0,01	4094,25
	CV (%)		10,49	6,33	22	28,41	6,08	14,60

FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação \*Significativo a 5% de probabilidade.

## 9. ANEXOS

Anexo 1: Laudo de análise de solo realizado previamente a semeadura dos experimentos a nível de campo.

Protocolo	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Prof. (cm)	Georef.
16664	01		Convencional	0-20	

### Informações fornecidas e de responsabilidade do solicitante

**Solicitante:** Ubirajara Russi Nunes  
**Proprietário:** Eduardo José Ludwig  
**Município:** Santa Maria / RS  
**Localidade:**  
**Matrícula:**

**CPF/CNPJ:**  
**CPF/CNPJ:**  
**Endereço:**  
**Entrada:** 16/09/19  
**Emissão:** 26/09/19

### Informações emitidas pelo laboratório e de responsabilidade do técnico

#### Diagnóstico para acidez do solo e calagem

Protocolo	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efet.	Saturação (%)		Índice SMP
		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				Al	Bases		
16664	5,7	6,6	2,0	0,0	4,4	9,0	0,0	67,4	6,0

#### Diagnóstico para macronutrientes e recomendação de adubação NPK-S

Protocolo	% MO	% Argila	Textura	S	P-Mehlich	C Total <sup>1</sup>	K	CTC pH7	K
	m/v			mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	g/kg <sup>1</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	
16664	2,2	24,0	3,0	-X-	85,0	-X-	0,44	13,4	172,0

#### Diagnóstico para micronutrientes e relações molares

Protocolo	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações Molares		
	mg/dm <sup>3</sup>						Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/(Ca+Mg) <sup>1/2</sup>
16664	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	-X-	3,4	19,50	0,15

Os dados analíticos são de exclusividade da amostra  
 Vinculado à ROLAS-RS/SC



Assinatura digital

**3B-A2-F6-96-BE-62-85-0A-94-06-1D-47-E7-14-C7-81**

Para autenticar acesse <http://silas.ccr.ufsm.br>, em "Autenticar" informe a sequência acima.

**Responsável técnico:** Sandro José Giacomini - CREA/RS 100472

Pagamento Realizado

\* Determinado em analisador elementar-combustão seca

Anexo 2- Laudo da análise de resíduos de pesticidas obtido através de análise cromatográfica com a finalidade de quantificar o ingrediente ativo tiametoxam em plântulas de soja.



**Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas**

Sector de Química Analítica

Depto. de Química – Universidade Federal de Santa Maria



CLIENTE: Eduardo José Ludwig

CPF/CNPJ: -

Data de Nascimento: -

Endereço: CCR/UFMS

Bairro: -

CEP/Cidade/Estado: -

Data do recebimento da amostra: 22/08/2019

Tipo de amostra: Planta de Soja

Método utilizado: Determinação de Resíduos de Pesticidas Empregando Método QUECHERS modificado e

LC-MS/MS

Procedimento: POP 102 rev.12

Data da análise: 02/12/2019

**RESULTADOS OBTIDOS:**

Identificação pelo cliente	Código LARP		Concentração (mg kg <sup>-1</sup> )
	1722-01	1722-02	
Composto analisado	LOD (mg kg <sup>-1</sup> )	LOQ (mg kg <sup>-1</sup> )	
Tiametoxam	0,003	0,008	n.d.
			19,481

Data de emissão: 18/12/2019

OBS.: Os resultados são apresentados para as amostras recebidas no LARP, coletadas e encaminhadas pelo cliente. Este laudo somente poderá ser reproduzido em sua totalidade, sendo

proibida qualquer reprodução parcial dos dados. Documento emitido em uma via original e sem rasuras.

LOD = Limite de detecção do método (do inglês, *Limit of detection*)

LOQ = Limite de quantificação do método (do inglês, *Limit of quantification*)

n.d. = Não detectado, ou seja, menor que o limite de detecção.

Verif. Dados: KR

Signatário Autorizado

*Prof. Dr. Renato Zanella*

CRQ. 5ª REGIÃO REG. 05200599

LARP - QUÍMICA - UFSM

> Final do relatório de ensaio

**LARP – LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE RESÍDUOS DE PESTICIDAS**  
 Universidade Federal de Santa Maria - Depto. de Química/CCNE - Sector de Química Analítica  
 Campus Camobi, Rua E, Prédio 13D, 97.105-900, Santa Maria, RS ☎ e fax (055) 3220.8011  
 rzanella@base.ufsm.br; larp\_tz@yahoo.com.br; adalme@quimica.ufsm.br; http://www.ufsm.br/larp



**Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas**  
Setor de Química Analítica  
Depo. de Química – Universidade Federal de Santa Maria



CLIENTE: Eduardo José Ludwig  
CPF/CNPJ: -  
Data de Nascimento: -  
Endereço: UFSM  
Bairro: -  
CEP/Cidade/Estado: -

Data do recebimento da amostra: 01/10/2019  
Tipo de amostra: Planta de Soja  
Método utilizado: Determinação de Resíduos de Pesticidas Empregando Método QUECHERS modificado e LC-MS/MS  
Procedimento: POP 102 rev.12  
Data da análise: 02/12/2019

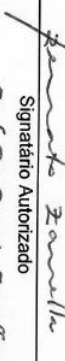
**RESULTADOS OBTIDOS:**

Código LARP	1760-01	1760-02	1760-03	1760-04	1760-05	1760-06	1760-07	1760-08	1760-09		
Identificação pelo cliente	T1R1: Tiametoxam	T1R2: Tiametoxam	T1R3: Tiametoxam	T2R1: Tiametoxam + Polímero 1	T2R2: Tiametoxam + Polímero 1	T2R3: Tiametoxam + Polímero 1	T3R1: Tiametoxam + Polímero3	T3R2: Tiametoxam + Polímero 3	T3R3: Tiametoxam + Polímero 3		
Composto analisado	LOD (mg kg <sup>-1</sup> ) Tiametoxam	LOQ (mg kg <sup>-1</sup> ) Tiametoxam	Concentração (mg kg <sup>-1</sup> )								
	0,003	0,008	10,350	10,404	11,645	12,212	14,906	15,041	7,743	7,901	6,229

Data de emissão: 18/12/2019

OBS.: Os resultados são apresentados para as amostras recebidas no LARP, coletadas e encaminhadas pelo cliente. Este laudo somente poderá ser reproduzido em sua totalidade, sendo proibida qualquer reprodução parcial dos dados. Documento emitido em uma via original e sem rasuras.  
LOD = Limite de detecção do método (do inglês, *Limit of detection*)  
LOQ = Limite de quantificação do método (do inglês, *Limit of quantification*)  
n.d. = Não detectado, ou seja, menor que o limite de detecção.  
Verif. Dados: PR

> Final do relatório de ensaio

  
 Signatário Autorizado  
**Prof. Dr. Renato Zanella**  
 CRQ, 5ª REGIÃO REG. 05200599  
 LARP - QUÍMICA - UFSM

**LARP - LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE RESÍDUOS DE PESTICIDAS**  
Universidade Federal de Santa Maria - Depo. de Química/CNE - Setor de Química Analítica  
Campus Camobi, Rua E, Prédio 13D, 97.105-900, Santa Maria, RS ☎ e fax (055) 3220 8011  
rzanella@base.ufsm.br; larp\_rz@yahoo.com.br; adaima@quimica.ufsm.br; http://www.ufsm.br/larp



**LARP**  
LABORATÓRIO DE ANÁLISE  
DE RESÍDUOS DE PESTICIDAS

**Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas**  
Setor de Química Analítica  
Depto. de Química – Universidade Federal de Santa Maria



CLIENTE: Eduardo José Ludwig  
CPF/CNPJ: -  
Data de Nascimento: -  
Endereço: UFSM  
Bairro: -  
CEP/Cidade/Estado: -

Data do recebimento da amostra: 04/10/2019  
Tipo de amostra: Planta de Soja  
Método utilizado: Determinação de Resíduos de Pesticidas Empregando Método QuEChERS modificado e LC-MS/MS  
Procedimento: POP 102 rev.12  
Data da análise: 02/12/2019

**RESULTADOS OBTIDOS:**

Código LARP	1763-01	1763-02	1763-03	1763-04	1763-05	1763-06	1763-07	1763-08	1763-09
<b>Identificação pelo cliente</b>	T4R1 - Tiametoxam	T4R2 - Tiametoxam	T4R3 - Tiametoxam	T5R1 - Tiametoxam+ Polímero 1	T5R2 - Tiametoxam + Polímero 1	T5R3 - Tiametoxam + Polímero 1	T6R1 - Tiametoxam + Polímero 2	T6R2 - Tiametoxam + Polímero 2	T6R3 - Tiametoxam + Polímero 2
<b>Composto analisado</b>	LOD (mg kg <sup>-1</sup> ) 0,003	LOQ (mg kg <sup>-1</sup> ) 0,008							
Tiametoxam	5,545	5,413	5,147	6,439	6,974	5,829	6,194	4,381	6,053
	<b>Concentração (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								

Data de emissão: 18/12/2019

OBS.: Os resultados são apresentados para as amostras recebidas no LARP, coletadas e encaminhadas pelo cliente. Este laudo somente poderá ser reproduzido em sua totalidade, sendo proibida qualquer reprodução parcial dos dados. Documento emitido em uma via original e sem rasuras.  
LOD = Limite de detecção do método (do inglês, *Limit of detection*)  
LOQ = Limite de quantificação do método (do inglês, *Limit of quantification*)  
n.d. = Não detectado, ou seja, menor que o limite de detecção.  
Verif. Dados: KCR

> Final do relatório de ensaio

Prof. Dr. Renato Zanella  
CRQ. 5ª REGIÃO REG. 052200599

**LARP – LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE RESÍDUOS DE PESTICIDAS**  
LARP - QUÍMICA - UFSM  
Universidade Federal de Santa Maria - Depto. de Química/CCNE - Setor de Química Analítica  
Campus Camobi, Rua E, Prédio 13D, 97.105-900, Santa Maria, RS. ☎ e fax (055) 3220.8011  
rzanella@base.ufsm.br; iarp\_rz@yahoo.com.br; adalme@quimica.ufsm.br; http://www.ufsm.br/larp

Nº 1763-ILARP – Página 1/1