



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SEMENTES**

Tese de Doutorado

**Adaptações no teste de germinação para sementes de arroz tratadas com  
fungicidas e inseticidas**

**Fernanda da Motta Xavier**

**Pelotas, 2021**

**Fernanda da Motta Xavier**

**Adaptações no teste de germinação para sementes de arroz tratadas com fungicidas e inseticidas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências

Orientador: Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello

Co-Orientador (es): Prof. Dr. Francisco Amaral Villela

Eng<sup>a</sup>. Agr. Dr<sup>a</sup>. Andréia da Silva Almeida

Pelotas, 2021

Fernanda da Motta Xavier

Adaptações no teste de germinação para sementes de arroz tratadas com  
fungicidas e inseticidas

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 26 de fevereiro de 2021.

Géri Eduardo Meneghello

Eng. Agr. Dr. Departamento de Fitotecnia, FAEM/UFPeI (Orientador) Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas, UFPeI

Daisy Leticia Ramirez Monzon

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Facultad de Ingenieria Agronomica, UNE  
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Andréa Bicca Noguez Martins

Eng<sup>a</sup>. Agra. Dr<sup>a</sup>. Departamento de Fitotecnia, FAEM/UFPeI  
Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas, UFPeI

Francisco Amaral Villela

Prof. Dr. Departamento de Fitotecnia, FAEM/UFPeI  
Doutor em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo, USP

Caroline Jácome da Costa

Pesquisadora Dr<sup>a</sup>. Empresa Brasileira e Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA  
Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas, UFPeI

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

X3a Xavier, Fernanda da Motta

Adaptações no teste de germinação para sementes de arroz tratadas com fungicidas e inseticidas / Fernanda da Motta Xavier ; Géri Eduardo Meneghello, orientador ; Francisco Amaral Villela, Andréia da Silva Almeida, coorientadores. — Pelotas, 2021.

95 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. *Oryza sativa*. 2. Produtos químicos. 3. Regras para análise de sementes. I. Meneghello, Géri Eduardo, orient. II. Villela, Francisco Amaral, coorient. III. Almeida, Andréia da Silva, coorient. IV. Título.

CDD : 631.521

## **Agradecimentos**

Primeiramente, a Deus por iluminar sempre meu caminho, me proteger e guiar meus passos em todos os momentos de minha caminhada, pois sem ele nada disso seria possível.

À minha família, principalmente aos meus pais, por todo apoio e dedicação durante todos os anos de graduação, mestrado e doutorado e pelo amor incondicional que sempre me foi dado.

Aos meus irmãos Daiane da Motta Xavier e Eduardo da Motta Xavier pelo apoio em todos os momentos da minha vida.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, assim como a todas as pessoas que fazem parte do mesmo, por todo convívio e experiências adquiridas.

Em especial ao meu orientador Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello, que não se ateu em me transmitir somente conhecimento técnico em todos os momentos, mas também suas experiências profissionais e pela amizade estabelecida durante o período de pós-graduação.

As minhas colegas do grupo de pesquisa, que se tornaram muito mais que colegas e sim amigas. Deixo os meus sinceros agradecimentos a minha parceira de tese Carla por todo apoio durante a instalação dos experimentos, Vanessa pela amizade em todos os momentos, e em especial a Sheila, Jerfferson e Michele pelo carinho, amizade, auxílio e cooperação sempre que foram solicitados e, principalmente pela amizade que foram essenciais em diversos momentos, amizades que levarei para sempre.

Aos estagiários Alexandre, Ilenice, Marjana e Diéli por toda ajuda durante o período de doutorado. Com certeza vocês foram essenciais para que esse dia chegasse.

Meus sinceros agradecimentos ao Professor Francisco Amaral Villela e Dr<sup>a</sup>. Andréia da Silva Almeida pela coorientação e apoio nos diversos momentos de execução da tese. Agradeço em especial a pesquisadora de Pós-Doutorado Dr<sup>a</sup>. Andréa Martins pela amizade e cooperação ao longo dos anos de pós-graduação.

Ao colega Gabriel pelo auxílio e cooperação na análise multivariada.

À todos os demais professores do programa que acrescentaram tanto à minha formação profissional quanto pessoal.

À Capes pela concessão da bolsa de doutorado.

*Há um tempo para todo propósito debaixo do céu.*

.  
.  
.

*(Ec 3:1)*

## Resumo

Xavier, Fernanda da Motta. **Adaptações no teste de germinação para sementes de arroz tratadas com fungicidas e inseticidas**. 2021. 95f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.

O arroz (*Oryza sativa* família Poaceae) é uma gramínea anual, classificada no grupo de plantas C3, adaptada a ambientes aquáticos. É uma importante cultura agrícola, sendo o Rio Grande do sul o maior produtor do Brasil. Diante disso, é importante utilizar sementes de alta qualidade visando maximizar o potencial produtivo. O tratamento químico é uma técnica largamente utilizada pelos produtores de sementes, porém, para a realização do teste de germinação, este é, contudo, padronizado para sementes não tratadas. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar seis tratamentos com diferentes produtos químicos registrados para o tratamento de sementes de arroz, nos substratos indicados pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) e em substratos alternativos, considerando os possíveis efeitos do armazenamento sobre as sementes tratadas; avaliar o uso destes substratos alternativos em lotes com níveis de qualidade de sementes distintos e diferentes cultivares de arroz e mediante avaliação de análises isoenzimáticas. As sementes de arroz foram tratadas em máquina específica, e os produtos utilizados conforme recomendações do fabricante. As sementes tratadas foram semeadas nos substratos descritos pela RAS (papel e areia) e nos substratos alternativos (vermiculita e areia entre papel). O delineamento experimental utilizado para os quatro estudos foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial, de acordo com objetivo de cada experimento. As variáveis analisadas foram primeira contagem da germinação, germinação, plântulas anormais, sementes mortas, comprimento de plântulas e atividade isoenzimática de plântulas. Com os resultados encontrados verificou-se que areia e vermiculita entre papel são alternativas metodológicas que se mostram eficientes ao teste de germinação em sementes de arroz tratadas; areia e vermiculita entre papel são viáveis para sementes de arroz tratadas quimicamente, tanto para sementes de alta qualidade quanto de baixa; o substrato papel + areia e papel + vermiculita foram eficazes no teste de germinação em sementes de arroz tratadas para todas as cultivares testadas; as plântulas germinadas no substrato areia + papel germitest apresentam maior comprimento total e avaliando os diferentes sistemas isoenzimáticos verificou-se, de uma maneira geral, que a adição de areia no papel germitest foi eficaz para a expressão das isoenzimas.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa*, Regras para Análise de Sementes, produtos químicos

## Abstract

Xavier, Fernanda da Motta. **Adaptations in the germination test for rice seeds treated with fungicides and insecticides.** 2021. 95f. Thesis (Doctorate) - Graduate Program in Seed Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil.

Rice (*Oryza sativa* family Poaceae) is an annual grass adapted to aquatic environments. It is an important agricultural crop classified in the group of plants C-3. Rio Grande do Sul is the Brazilian largest rice producer. It is important to use high quality seeds in order to maximize the productive potential. Chemical treatment is a technique widely used by seed producers. However, the germination test is standardized for untreated seeds. The objectives of this work were to evaluate different registered chemicals for the treatment of rice seeds, in the substrates indicated by the Rules for Seed Analysis (RAS) and in alternative substrates, also considering the possible effects of storage on the treated seeds and, evaluate the use of these alternative substrates in batches with different seed quality levels and different rice cultivars and also by assessing isoenzymatic analyzes. The rice seeds were treated in a specific machine, and the products used according to the manufacturer's recommendations. The treated seeds were sown on the substrates described by RAS (paper and sand) and on alternative substrates (vermiculite between paper and sand between paper). The experimental design used for all studies was completely randomized, in a factorial scheme, according to the objective of each experiment. The variables analyzed were first germination count, germination, abnormal seedlings, dead seeds, seedling length and seedling isoenzyme activity. The results shows that sand and vermiculite between paper are methodological adjustments that prove to be efficient for the germination test in treated rice seeds; sand and vermiculite between paper are viable for chemically treated rice seeds, for both high-quality and low-quality seeds; the substrate paper + sand and paper + vermiculite were effective in the germination test in treated rice seeds for all cultivars tested; the seedlings germinated in the substrate sand + germitest paper have a greater total length and evaluating the different isoenzymes systems it was found, in general, that the addition of sand in the germitest paper was effective for the expression of isoenzymes.

**Key-words:** *Oryza sativa*, Rules for Seed Analysis, chemicals

## Lista de Figuras

- Figura 1 - A) semeadura das sementes de arroz tratadas sobre papel germistest e vermiculita; B) sementes de arroz tratadas sobre papel germistest e areia.....26
- Figura 2 - Primeira contagem da germinação (PCG %), germinação (G%), plântulas anormais (Anorm %) e sementes mortas (Mort %) em função de diferentes substratos e tipos de tratamentos químicos para a cultivar Epagri. Pelotas, UFPel, 2021..... 60
- Figura 3 - Primeira contagem da germinação (PCG %), germinação (G%), plântulas anormais (Anorm %) e sementes mortas (Mort %) em função de diferentes substratos e tipos de tratamentos químicos para a cultivar Puitá INTA CL. Pelotas, UFPel, 2021.....61
- Figura 4 - Primeira contagem da germinação (PCG %), germinação (G%), plântulas anormais (Anorm %) e sementes mortas (Mort %) em função de diferentes substratos e tipos de tratamentos químicos para a cultivar IRGA 424 RI. Pelotas, UFPel, 2021.....63
- Figura 5 - Primeira contagem da germinação (PCG %), germinação (G%), plântulas anormais (Anorm %) e sementes mortas (Mort %) em função de diferentes substratos e tipos de tratamentos químicos para a cultivar Guri INTA CL. Pelotas, UFPel, 2021.....64
- Figura 6 - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Fosfatase ácida de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021 .....76

Figura 7 - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático (MDH) Malato desidrogenase de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021 .....77

Figura 8 - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Glutamato oxalacetato transaminase de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.....79

Figura 9 - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático (PO) Peroxidase de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.....80

Figura 10 - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Esterase (EST) de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021..... 82

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Produtos químicos no tratamento de sementes de arroz. Pelotas, UFPel, 2021.....	24
Tabela 2 - Resumo da análise de variância (ANOVA) para primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G), anormais (ANORMAIS) e mortas (MORTAS) em sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021.....	28
Tabela 3 - Primeira contagem da germinação (PCG) e germinação (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021. ....	29
Tabela 4 - Porcentagem de plântulas anormais e sementes mortas (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021.....	31
Tabela 5 - Resumo da análise de variância (ANOVA) para primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G), anormais (ANORMAIS) e mortas (MORTAS) em sementes de arroz tratadas com diferentes produtos químicos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.....	32
Tabela 6 - Primeira contagem da germinação e germinação (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes produtos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.....	34
Tabela 7 - Porcentagem de plântulas anormais e sementes mortas (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes produtos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.....	38

Tabela 8 - Ingredientes ativos utilizados no tratamento das sementes de arroz. Pelotas, UFPel, 2021.....	42
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G), anormais (ANORMAIS) e mortas (MORTAS) em sementes de arroz quimicamente tratadas em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.....	45
Tabela 10 - Médias dos tratamentos químicos (TQ0, TQ1, TQ2, TQ3, TQ4 e TQ5) para primeira contagem da germinação (PCG%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021. (Lotes x substratos).....	46
Tabela 11 - Médias dos substratos (areia, papel, papel + areia e papel + vermiculita) para primeira contagem da germinação (PCG%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021. (Lotes x tratamentos).....	47
Tabela 12 - Porcentagem de germinação (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.....	49
Tabela 13 - Porcentagem de plântulas anormais (%) oriundas de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021.....	51
Tabela 14 - Médias dos substratos e lotes e médias dos tratamentos químicos para porcentagem de sementes de arroz mortas (%) tratadas com diferentes princípios ativos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.....	52
Tabela 15 - Nomes comerciais, classes, ingredientes ativos e doses utilizados no tratamento de sementes de arroz. Pelotas, UFPel, 2021.....	56

Tabela 16 - Classes, doses e modo de ação de produtos químicos utilizados no tratamento de sementes de arroz. Pelotas, UFPel, 2021..... 69

Tabela 17 - Resumo da análise de variância (ANOVA) para comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total (TOTAL) de plântulas de arroz derivadas de sementes tratadas com diferentes princípios ativos. ....72

Tabela 18 - Comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total (TOTAL) em (cm) de plântulas de arroz derivadas de sementes tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021 .....74

## Sumário

1. Introdução.....	16
2. CAPÍTULO I - Adequação do teste de germinação para sementes de arroz tratadas com diferentes fungicidas e inseticidas.....	22
2.1. Introdução.....	22
2.2. Material e métodos.....	24
2.3. Resultados e Discussão.....	27
2.4. Conclusões.....	39
3. CAPÍTULO II – Substratos alternativos para teste de germinação em sementes de arroz com distinta qualidade fisiológica e quimicamente tratadas....	40
3.1. Introdução.....	40
3.2. Material e métodos.....	42
3.3. Resultados e Discussão.....	44
3.4. Conclusões.....	53
4. CAPÍTULO III - Validação do uso de substratos alternativos no teste de germinação para sementes de arroz tratadas com diferentes genótipos .....	54
4.1. Introdução .....	54

4.2. Material e métodos.....	56
4.3. Resultados e Discussão.....	58
4.4. Conclusões.....	66
5. CAPÍTULO IX - Expressão isoenzimática e desempenho de plântulas oriundas de sementes de arroz tratadas e germinadas em diferentes substratos.....	67
5.1. Introdução.....	67
5.2. Material e Métodos.....	69
5.3. Resultados e Discussão.....	71
5.4. Conclusões.....	84
6. Considerações finais .....	85
Referências Bibliográficas .....	86

## 1. Introdução

O arroz é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. É o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando área aproximada de 161 milhões de hectares (SOSBAI, 2018), atingindo uma produção de mais de 721 milhões de toneladas, sendo o Brasil o nono maior produtor mundial, único país não asiático entre os dez maiores produtores (USDA, 2017). Sendo um dos alimentos mais consumidos no mundo, estimativas apontam que com o crescente aumento da população mundial, a demanda por este cereal tende a dobrar até 2050 (SOSBAI, 2018).

Na safra 2016/2017, a produção brasileira alcançou 12,3 milhões de toneladas, 16,3% maior que o volume da safra anterior, sendo o Rio Grande do Sul (RS) responsável por cerca de 71% dessa produção. Mais de 90% da safra brasileira é proveniente de lavouras com irrigação por inundação, as quais apresentam produtividades expressivamente maiores que as áreas não irrigadas (CONAB, 2020).

Na busca incessante por aumento na produção agrícola, muitos estudos sobre tecnologia de sementes estão sendo desenvolvidos (OHLSON et al., 2010; VIGANO et al., 2010; TOLEDO et al., 2011), pois está demonstrado cientificamente que o uso de sementes de alta qualidade tem relação direta com o potencial produtivo em diversas culturas, incluindo o arroz, sendo estas uma das principais exigências para se obterem altas produtividades agrícolas, pois segundo Mielezrki et al. (2008) sementes de alto vigor originam plantas com maior potencial fisiológico que se reflete em maior crescimento e maior rendimento de grãos.

Ainda segundo Baudet e Peres (2004), a agregação de valor às sementes, utilizando métodos e tecnologias de produção como a de recobrimento de sementes, é a principal exigência de um mercado cada vez mais competitivo, fato esse importante, ressaltando que há 16 anos atrás já

existia esta tendência de uso de tecnologias, que se intensificou nos últimos anos. Para Nunes (2016), o tratamento de sementes tem papel vital na proteção contra doenças e insetos na fase inicial dos cultivos, protegendo o vigor e estabelecimento de plântulas. Outras técnicas de aplicação são usadas para controlar pragas e doenças na fase inicial, como pulverizações no sulco de semeadura ou foliares.

Mais de 75% da produção de arroz brasileira é oriunda do sistema de cultivo irrigado por inundação, o qual possui alta necessidade de água quando comparado com outros sistemas de cultivo. Além disso, este sistema apresenta altos custos de produção, o que aumenta a necessidade de pesquisas em busca de novas alternativas para elevar o retorno econômico aos agricultores (GIACOMELI et al., 2013). Tendo em vista esta necessidade, o tratamento químico proporciona melhorias no desempenho das sementes, suas respectivas plântulas e até mesmo em estágio mais avançados da cultura. As plantas mais vigorosas refletem em estande mais uniforme potencializando a capacidade produtiva da cultura, esse dado corrobora com Höfs et al. (2004) que trabalhando com sementes de arroz concluíram que sementes de maior qualidade fisiológica produzem plântulas maiores, o que proporciona maiores taxas de crescimento da cultura.

O tratamento químico de sementes é uma prática amplamente difundida, e possui o objetivo de proteger as sementes e as plântulas na fase inicial do crescimento contra adversidades, mediante o uso de produtos fitossanitários como fungicidas e inseticidas (LUDWIG et al. 2011, PEREIRA et al. 2011), prevenindo assim o processo de alterações nas sementes causadas por fungos (HENNING et al., 2014).

Segundo Avelar et al. (2011) a atividade é economicamente recomendada, desde que utilizados produtos ou misturas de produtos adequados, na dosagem correta e distribuídos uniformemente em todo o lote de sementes. Da mesma forma, de acordo com Lucca Filho (2006), um tratamento químico para ser eficiente deve ser feito com um produto capaz de erradicar os patógenos presentes nas sementes, não ser tóxico às plantas, ao homem e ao ambiente, apresentar alta estabilidade, aderência e cobertura, não ser corrosivo, ser de baixo custo e fácil aquisição, além de ser compatível com outros produtos.

Conforme aumenta a percepção do valor da semente e a importância de proteger e/ou melhorar o seu desempenho, cresce no mercado a disponibilidade de produtos para o tratamento de sementes, com diferentes finalidades, como proteção ou nutrição, tendo como finalidade melhorar o desempenho da semente, tanto no aspecto fisiológico como econômico (AVELAR et al., 2011).

Um grande avanço tecnológico ocorrido de forma concomitante com a adoção e o desenvolvimento do tratamento industrial de sementes foi o lançamento de novas moléculas e organismos com diferentes atividades como inseticidas, fungicidas, bioativadores, filmes de recobrimento, que ao lado dos benefícios sanitários e fisiológicos, permitem o tratamento antecipado das sementes (PICCININ et al., 2013).

O tratamento industrial de sementes está atrelado à qualidade fisiológica das sementes, as quais devem ter altos índices de qualidade devido ao custo do tratamento, buscando aproveitar ao máximo o produto aplicado em sementes viáveis. Além disso, esta forma de tratamento de sementes vai ao encontro, com a sustentabilidade dos recursos naturais e evita que os produtores tenham contato com os produtos químicos, o que acontece nos tratamentos de sementes em suas propriedades (HORNER, 2013).

Quando associados às sementes e/ou solo, o tratamento de sementes pode promover o controle de patógenos e pragas, atuando como um processo físico ou químico (MENTEN; MORAES, 2010), que além de manter e controlar a qualidade fisiológica das sementes retarda o início de epidemias na lavoura, controlando doenças e pragas nos estágios iniciais, diminuindo assim os riscos de perdas na fase de implantação da cultura, com plantas mais resistentes ao ataque de patógenos (MENTEN; DEZORDI, 2014).

Na Região Sul do Brasil, várias doenças incidem sobre a cultura do arroz irrigado, prejudicando a produtividade e a qualidade dos grãos e sementes colhidas. Entre elas, destaca-se como principal a brusone (*Pyricularia oryzae* (Cavara); *Magnaporthe oryzae* B. Couch – forma perfeita), cujos danos podem comprometer até 100% da produção da lavoura, em anos em que as condições se mostram favoráveis à doença. Em locais sem histórico da doença e em anos com condições ambientais desfavoráveis à sua ocorrência, os seus efeitos são menores, podendo até passarem

despercebidos ao produtor. A aplicação de fungicidas pode ser um método eficaz no controle de doenças, principalmente em lavouras com histórico de danos frequentes e em anos em que ocorrerem condições climáticas favoráveis ao aparecimento de brusone, e a eficiência desses produtos ainda varia, bem como seus efeitos residuais na cultura (SOSBAI, 2018). Comparando a quantidade de produtos registrados para cultura da soja, pode-se dizer que ainda são poucos os fungicidas registrados para cultura do arroz, principalmente os sistêmicos (AGROFIT, 2020).

Sendo assim, pouco se sabe sobre os processos de germinação e vigor das sementes devido à influência do tratamento com produtos químicos (DAN et al., 2012), sendo que, o tratamento químico pode assegurar a sanidade de um lote, de sementes garantindo assim, a expressão de todo seu potencial genético, de maneira que a escolha do produto e os testes de controle devem evitar riscos de danos à germinação e ao vigor das sementes (NUNES, 2016).

Tanto para sementes sem tratamento ou tratadas, o teste padronizado para avaliação da qualidade fisiológica de sementes exigido pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o comércio de sementes é o de germinação. No entanto, o teste de germinação é realizado sob condições ideais de umidade, temperatura, substrato, luz e oxigênio, fato esse, que não condiz com a realidade de campo. É um teste padronizado, pois possui ampla possibilidade de repetições de resultados, dentro de níveis razoáveis de tolerância, desde que sejam seguidas as instruções estabelecidas nas Regras para Análise de Sementes nacionais (BRASIL, 2009) como as internacionais, como a ISTA (*Internacional Seed Testing Association*) e a AOSA (*Association of Official Seed Analysts*) (ALVERENGA et al., 2020).

O conhecimento sobre essas avaliações é de extrema importância já que a avaliação da qualidade fisiológica da semente com base em testes de germinação permite inferir sobre o potencial máximo de produção de plântulas normais, visto que estabelece condições ideais de umidade, temperatura e substrato (LARRÉ et al., 2007).

No que se refere a sementes tratadas, o teste de germinação pode vir a reprovar lotes, que se levados ao campo, podem apresentar desempenho satisfatório. Este comportamento das sementes é devido a peculiaridades do teste, que ao depositar as sementes sobre papel germitest concentra produto

químico na superfície da semente, podendo causar toxicidade às plântulas, e no solo, este mesmo se dissipa, fazendo dessa forma, que as plântulas não apresentem anormalidades (XAVIER, et al., 2020). É importante enfatizar que mesmo ainda não existindo menção em se utilizar procedimentos distintos em caso de utilizar sementes tratadas com produtos químicos na RAS (Regras para Análise de Sementes), a ISTA (*International Seed Testing Association*) já apresenta alternativas de substratos para sementes de soja tratadas com produtos químicos.

Com base no exposto é possível constatar a importância do tratamento de sementes contra o ataque de microorganismos, bem como a importância do uso de sementes de elevada qualidade para o estabelecimento inicial da cultura. Entretanto, no que se refere ao uso de sementes tratadas para fins de semeadura em campo e comercialização, faz-se necessária à realização do teste de germinação para sementes tratadas, com possíveis ajustes metodológicos na metodologia tradicionalmente usada para sementes não tratadas (TUNES, 2020).

Portanto, o objetivo do trabalho foi verificar se há necessidade de ajuste metodológico no teste de germinação avaliando sementes de arroz tratadas com fungicidas e inseticidas, analisando a viabilidade de utilização de substratos alternativos no teste de germinação, testando períodos de avaliação, níveis de qualidade fisiológica, diferentes cultivares e também a expressão isoenzimática dessas sementes.

### **Objetivo Geral**

Verificar a necessidade de aplicar ajustes metodológicos nas condições para realização do teste de germinação em sementes de arroz tratadas com fungicidas e/ou inseticidas.

### **Objetivos Específicos**

- Verificar, em um primeiro momento, se o teste de germinação para sementes de arroz tratadas necessita de algum ajuste metodológico;
- Identificar qual o substrato mais adequado para realização do teste de germinação com sementes de arroz tratadas;

- Analisar a qualidade fisiológica das sementes de arroz nos períodos de avaliação entre 0 e 30 dias após o tratamento das sementes;
- Verificar se eventuais adequações dos testes são eficientes em lotes com diferentes níveis fisiológicos e em diferentes genótipos;
- Identificar as possíveis causas/situações que não forem consideradas ideais aos testes com sementes tratadas, através de:
- Analisar o comprimento das plântulas e expressão isoenzimática, sob ação de fungicidas e inseticidas.

## **2. CAPÍTULO I - Adequação do teste de germinação para sementes de arroz tratadas com diferentes fungicidas e inseticidas**

### **2.1 Introdução**

O arroz (*Oryza Sativa* L.) é a cultura alimentar mais importante no mundo. É o alimento básico de mais de 60% da população mundial. O arroz é principalmente produzido e consumido na região asiática (GUNATHILAKE; GAMAGE, 2018).

No Brasil, a produção é oriunda dos sistemas de cultivo irrigado e de sequeiro, sendo a orizicultura irrigada, responsável por 70% da produção nacional (DOCKHORN, et al. 2018). Aproximadamente 90% do arroz irrigado do país é cultivado no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, nas chamadas terras baixas.

Segundo a CONAB a produção de grãos deve superar 268 milhões de toneladas na safra 2020/2021, sendo que a área cultivada com arroz deve aumentar 1,6%, sendo estimado que a produtividade pode não ser tão boa quanto a da última safra, ressaltando a importância da utilização de sementes de elevada qualidade fisiológica e sanitária (CONAB, 2020).

Vários avanços na tecnologia da produção de sementes, vem ocorrendo ao longo dos anos, visando o aumento do rendimento das culturas, sendo dentre desses avanços encontram-se a qualidade das sementes usadas nas lavouras. O uso de sementes de alta qualidade (vigorosas) propicia uma maior produtividade com um melhor estabelecimento inicial da lavoura, aumentando a eficiência de uso de fertilizantes e produtos químicos (XAVIER, et al. 2020). Ainda segundo Baudet e Peske (2007), a germinação uniforme das sementes e o crescimento vigoroso e uniforme das plântulas no início do desenvolvimento da cultura são fatores essenciais para garantir o máximo potencial produtivo contido geneticamente.

No entanto, uma vez que as sementes são semeadas no campo, ficam expostas a vários fatores bióticos (pragas e doenças) e abióticos (clima) que

podem interferir no seu desempenho fisiológico, afetando a germinação e alterando a uniformidade de emergência das plântulas, entre outros. Por essa razão e com o objetivo de proteger as sementes e as plântulas na fase inicial do crescimento contra todo tipo de adversidades, produtos fitossanitários como fungicidas e inseticidas são aplicados às sementes (LUDWIG et al., 2011; PEREIRA et al., 2011).

Algumas empresas produtoras de sementes concentram a operação de tratamento somente algumas semanas antes da comercialização, por temer os efeitos negativos dos produtos sobre a qualidade das sementes durante o armazenamento. Diante desse fato, seria vantajoso para a logística destas empresas se esta operação pudesse ser realizada antecipadamente, porém, é necessário conhecer a influência dos produtos utilizados sobre a qualidade fisiológica das sementes no decorrer do período de armazenamento (DAN et al., 2010).

Desse modo, é de extrema importância a análise de sementes tratadas, que disponham de métodos confiáveis para avaliação rápida e eficiente da qualidade fisiológica e sanitária dessas. Dentre os testes mais comuns para avaliação da qualidade das sementes destacam-se o teste de germinação em papel germitest ou em areia. Sendo que esse teste ainda pode ser conduzido em outro substrato respeitando-se as condições adequadas para germinação, podendo fornecer uma boa perspectiva do desempenho da semente (LOBO JÚNIOR et al., 2013).

Diante do exposto, as RAS brasileiras não apresentam nenhuma metodologia específica para sementes tratadas (BRASIL, 2009). Os laboratórios de Análise de Sementes reportam que muitas vezes os resultados encontrados no teste de germinação com sementes tratadas com inseticidas e fungicidas não são confiáveis, podendo o desempenho no campo (teste de emergência) ser melhor que no laboratório (teste de germinação). Esses fatos geralmente estão associados as condições dos ambientes onde as sementes são semeadas, pois em laboratório as condições são controladas quanto a temperatura, luz, substrato, pH da água e quando as sementes são semeadas em papel germitest, há uma tendência que o produto se concentre próximo a semente, podendo assim ocorrer problemas na germinação, já no solo o pH é diferente, há presença de microorganismos, colóides, argila e outros que

proporcionam um ambiente totalmente diferente para germinação dessas sementes.

Portanto, o objetivo desse estudo foi verificar o desempenho de sementes de arroz tratadas com diferentes fungicidas e inseticidas, avaliando seus reflexos quanto ao armazenamento e utilização de diferentes substratos.

## 2.2. Material e métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel). Inicialmente foi avaliado a viabilidade de se utilizar os padrões estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 2009), não sendo estes efetivos foram testados ajustes metodológicos como a adição de substratos como areia e vermiculita no papel germitest e a cultivar utilizada nessa etapa foi a IRGA 424 CL.

Ambos os estudos foram realizados utilizando-se de fungicidas e inseticidas e/ou combinação destes e os experimentos foram acrescidos ainda de um tratamento testemunha, que foram as sementes não tratadas (Tabela 1).

**Tabela 1** - Produtos químicos no tratamento de sementes de arroz. Pelotas, UFPel, 2021.

Tratamento	Nome comercial	Classe	Ingrediente ativo (g/L)	Doses mL/ 100 Kg <sup>-1</sup>	Modo de ação
TQ0	Sem Tratamento	-	-	-	-
TQ1	Maxim XL	fungicidas	Fludioxonil (25) +metalaxil-M (10)	200	sistêmico+contato
TQ2	Cruiser 350 FS	inseticida	Tiametoxam (350)	400	Sistêmico
TQ3	Standak Top	inseticida+fungicida	Piraclostrobina (25) +tiofanato-metílico (225) +fipronil (250)	250	sistêmico+contato+protetor
TQ4	Cruiser 350 FS+Maxim XL	inseticida+fungicida	Tiametoxam (350) +fludioxonil (25) +metalaxil-M (10)	400+200	sistêmico+sistêmico e contato
TQ5	Cropstar	inseticidas	Imidacloprido (150) +tiodicarbe (450)	7,5	Sistêmico

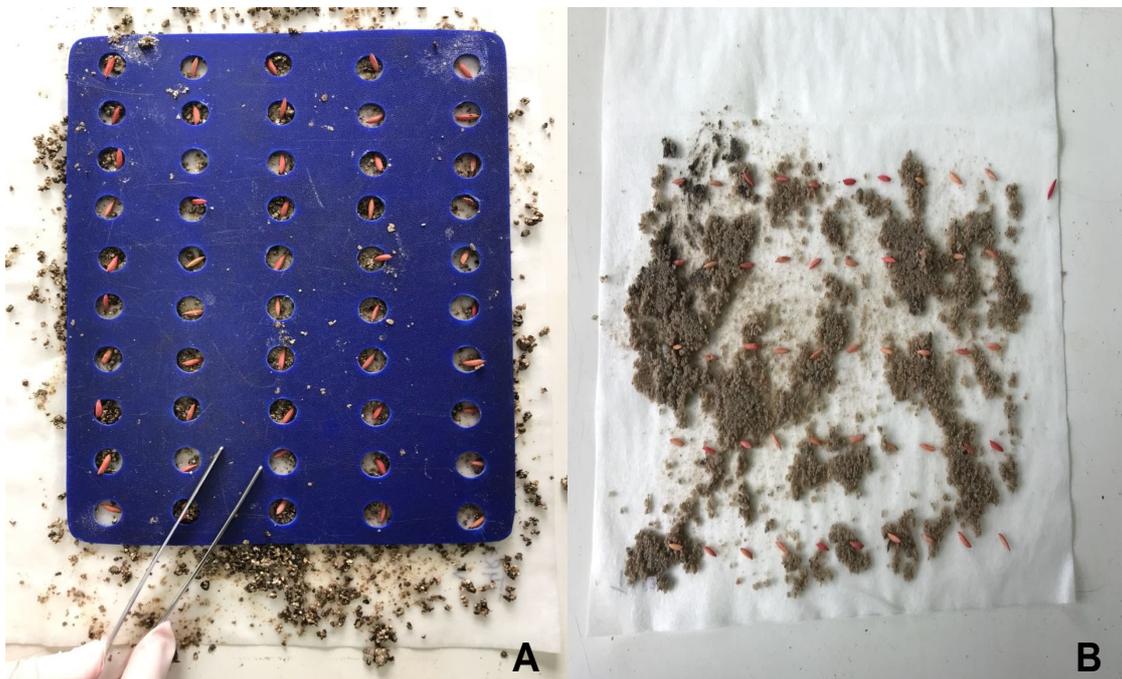
O tratamento foi realizado em tratadora comercial da marca MECMAC, utilizando-se uma rotação de 60 rpm. As sementes foram depositadas no interior da tratadora e os produtos foram aplicados em suas determinadas doses, juntamente com água para completar o volume de calda. As doses utilizadas sempre foram as maiores doses recomendadas para a cultura e o volume de calda calculado foi de 13 mL para cada 500 gramas de sementes de arroz.

Posteriormente, a tratadora foi ligada, e as sementes agitadas por 3 minutos, sendo 1 minuto em posição vertical e 2 em posição inclinada (45 graus), para melhor recobrimento das sementes. Após esse período, foram postas em sacos plásticos e deixadas em temperatura ambiente por 24 horas, e posterior disposição das mesmas nos substratos areia (bandejas) e papel germitest. O substrato de papel foi umedecido com água destilada em quantia equivalente a 2,0 vezes o seu peso e para o substrato areia foi calculada sua capacidade de campo, sendo utilizada bandejas com dimensões de A7cm x L21cm x C29,5cm, onde foi depositado 1,800 kg de areia e 300 mL de água por bandeja e então foram dispostas 50 sementes por rolo e 50 por bandeja. Os rolos então formados, e as bandejas, foram colocados em germinador à temperatura pré-estabelecida conforme os objetivos de avaliação  $25 \pm 1$  °C de acordo com as RAS.

Aos cinco dias foi realizada a primeira contagem e após o término do período de quatorze dias, foram feitas as contagens de plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas. Os testes foram realizados um dia após tratamento e após 30 dias de armazenamento das sementes, sendo que estas foram armazenadas em câmara refrigerada com temperatura de aproximadamente 15°C.

Considerando os resultados preliminares, seguiu-se sequência do trabalho, partindo assim para a segunda parte desse estudo. Desta forma, foram testadas combinações de substratos como areia e vermiculita (entre papel) conforme ilustração abaixo, de acordo com Tunes et al. (2020). Para formação dos rolos com vermiculita e com areia entre papel, foi disposto sobre duas folhas de papel 50 mL de vermiculita classe média úmida (para o substrato vermiculita entre papel) ou de areia granulometria média úmida (para o substrato areia entre papel). A vermiculita foi umedecida colocando-a em um

balde com água destilada por aproximadamente 16 horas, com a posterior remoção do excesso de água para sua utilização. Já a areia, foi umedecida com base no teste de retenção de água, com capacidade de retenção de 60%, onde se determinou o uso de 165 mL de água kg<sup>-1</sup> de areia, que foi pesada em quantidade suficiente para seu uso no interior do papel. Depois de preparados cada substrato, foram dispostas 50 sementes em cada rolo, que foram cuidadosamente montados, e a cada quatro formou-se uma repetição estatística.



**Figura 1** - A) semeadura das sementes de arroz tratadas sobre papel germistest e vermiculita; B) sementes de arroz tratadas sobre papel germistest e areia.

**FONTE:** XAVIER, F. M (2018).

Para a montagem do teste de germinação entre areia, foram utilizadas bandejas com dimensões de A7cm x L21cm x C29,5cm, preenchidas também com 1,800 kg de areia (como no estudo anterior), com granulometria entre 0,05 e 0,8 mm de diâmetro, umedecidas com 300 mL de água destilada cada e semeadas 50 sementes por bandeja, compondo uma repetição estatística a cada quatro bandejas. Todos os rolos e bandejas foram mantidos em germinador câmara contendo uma lâmina de água para manutenção da

umidade interior, por quatorze dias, (contados até a contagem final), a  $25 \pm 1$  °C, sob regime de 12 horas luz.

O tratamento das sementes ocorreu da mesma forma do primeiro estudo, conforme metodologia citada acima e os procedimentos conforme as combinações das variáveis anteriores em questão para cada produto. A primeira contagem foi aos cinco dias após semeadura, e aos quatorze a contagem final, com as classificações de plântulas normais, anormais e sementes mortas.

Ambos os estudos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema trifatorial, sendo o primeiro ( $6 \times 2 \times 2$ ) com quatro repetições. O fator A correspondeu aos tratamentos químicos utilizados (TQ0, TQ1, TQ2, TQ3, TQ4 e TQ5), o fator B correspondeu aos substratos (papel e areia), e o fator C aos dois períodos avaliados (0 e 30 dias). Cada repetição metodológica foi composta por quatro rolos ou quatro bandejas, respectivamente, cada uma com 50 sementes. O segundo estudo foi composto por um esquema ( $6 \times 4 \times 2$ ), tendo o acréscimo de mais dois substratos (areia e vermiculita entre papel).

Os dados foram submetidos à análise de pressupostos quanto a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, não atendido tal pressuposto os dados referentes a plântulas anormais e sementes mortas foram transformadas, aplicando a equação ( $\sqrt{x + 0,5}$ ). Em seguida foi realizada a análise de variância e em caso de significância, compararam-se os efeitos dos tratamentos pelo teste de Tukey e os efeitos de substratos e períodos de avaliação pelo teste t (tratando-se de dois fatores), ambos a um nível de probabilidade de 5%, sendo toda a análise estatística realizada com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2014).

### **2.3. Resultados e Discussão**

De acordo com dados apresentados na (Tabela 2), considerando os resultados da análise de variância, observou-se que ocorreu interação tripla entre os fatores testados (períodos, substratos e tratamentos químicos) para todas as variáveis estudadas.

**Tabela 2** - Resumo da análise de variância (ANOVA) para primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (ANORMAIS) e sementes mortas (MORTAS) em sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021.

FATORES	GL	Quadrados Médios			
		PCG	G	ANORMAIS	MORTAS
Períodos (P)	1	2291,26**	731,51**	11,82**	3,91*
Substratos (S)	1	3492,09**	605,01**	58,61**	26,33**
Trat. Químico (TQ)	5	193,08*	61,46	0,05	0,98
P x S	1	1828,76**	364,26**	0,13	11,29**
P x TQ	5	161,98*	37,93	0,20	1,05*
S x TQ	5	359,81**	174,58**	1,37**	1,46*
P x S x TQ	5	239,48*	128,78*	1,21**	0,99*
RESÍDUO	72	55,86	27,94	0,16	0,40
CV	-	3,93	2,35	25,61	13,87

\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0.01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0.05$ ); QM = quadrado médio; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; P = períodos; S = substratos; TQ = tratamento químico.

Para primeira contagem da germinação (Tabela 3), em relação aos substratos (letras maiúsculas), observou-se que o substrato papel apresentou efeito significativo em relação ao substrato areia no período de avaliação 0 nos tratamentos TQ0, TQ1, TQ3, TQ4 e TQ5 e para porcentagem de germinação nos tratamentos TQ1, TQ3 e TQ4 mostrando superioridade desse substrato no teste de germinação. Esse resultado contrapõe Ceccon et al., (2004) ao concluírem que produtos químicos aplicados a sementes de milho em determinadas situações, podem ocasionar redução na germinação destas e na sobrevivência das plântulas, devido ao efeito de fitointoxicação.

Em função do tratamento químico das sementes (letras minúsculas), observou-se diferença significativa apenas para o substrato areia para (PCG% e G%) no período 0. Ainda é possível observar que o TQ1 (Fludioxonil + Metalaxil) nesse substrato no período 0 mostrou as menores médias de germinação, corroborando dessa forma com Ludwig et al. (2015) onde, trabalhando com sementes de soja concluíram que, o desempenho inicial de plântulas pode ser reduzido em função da aplicação de produtos químicos como fungicida (Fludioxonil + Metalaxil).

Em relação aos períodos de avaliação 0 e 30 dias (\*/<sup>ns</sup>), sendo 30 o número de dias após o tratamento químico das sementes, mostrou efeito significativo em relação ao período 0 no substrato areia, sendo que os

tratamentos TQ1, TQ3, TQ4 e TQ5 foram superiores para primeira contagem da germinação e TQ1, TQ3 e TQ4 para porcentagem de germinação. Para o substrato papel, apenas TQ0 (sem tratamento químico) mostrou efeito significativo no período de avaliação 30 dias após o tratamento das sementes.

**Tabela 3** - Primeira contagem da germinação (PCG) e germinação (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021.

PRIMEIRA CONTAGEM (PCG%)				
Tratamento	PAPEL		AREIA	
	0	30	0	30
TQ0	77Ba	82Aa*	83Aa	79Aa <sup>ns</sup>
TQ1	84Aa	84Aa <sup>ns</sup>	40Bd	73Ba*
TQ2	82Aa	84Aa <sup>ns</sup>	69Aab	78Aa <sup>ns</sup>
TQ3	83Aa	83Aa <sup>ns</sup>	59Bbc	85Aa*
TQ4	83Aa	83Aa <sup>ns</sup>	51Bcd	82Aa*
TQ5	82Aa	80Aa <sup>ns</sup>	63Bbc	80Aa*

GERMINAÇÃO (%)				
Tratamento	PAPEL		AREIA	
	0	30	0	30
TQ0	80Ba	87Aa*	87Aa	82Ba <sup>ns</sup>
TQ1	89Aa	89Aa <sup>ns</sup>	66Bd	85Aa*
TQ2	86Aa	88Aa <sup>ns</sup>	82Aabc	88Aa <sup>ns</sup>
TQ3	89Aa	87Ba <sup>ns</sup>	75Bbcd	91Aa*
TQ4	92Aa	92Aa <sup>ns</sup>	73Bcd	90Aa*
TQ5	86Aa	87Aa <sup>ns</sup>	86Aab	92Aa <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, comparando os substratos em cada período de avaliação e \*/<sup>ns</sup> (significativo e não significativo), comparando os períodos de avaliação, ambos pelo “teste t” a 5% de probabilidade.

Analisando a porcentagem de plântulas anormais (Tabela 4), observou-se para substratos (letras maiúsculas) que o substrato areia foi significativo no período 0 em relação ao substrato papel para porcentagem de plântulas anormais em quase todos os tratamentos químicos testados, mostrando uma menor porcentagem de plântulas anormais, sendo que aos 30 dias de armazenamento, não ocorreu anormalidades de plântulas em função dos tratamentos utilizados para esse substrato. Esse resultado pode estar atribuído ao crescimento das plântulas, pois nas bandejas as plântulas recebem mais luminosidade no interior do germinador e conseqüentemente reduzindo as anormalidades das plântulas.

O substrato papel no período de avaliação (0) apresentou maior

porcentagem de plântulas anormais, o que indica que, pelo menos em laboratório, utilizando papel germitest o tratamento de sementes com inseticidas e fungicidas proporcionou alterações fisiológicas durante a fase germinação, interferindo negativamente no desenvolvimento inicial das plântulas (Tabela 4). Segundo Vieira et al., (2000) os efeitos negativos da qualidade fisiológica das sementes geralmente são traduzidos pelo decréscimo na porcentagem de germinação, no aumento de plântulas anormais e por uma redução de vigor de plântulas.

Para tratamento químico (letras minúsculas), o TQ0 no período 0 apresentou no substrato papel a maior porcentagem de plântulas anormais (11%) não diferindo de TQ5 com (6%), já para o substrato areia nesse mesmo período de avaliação a maior porcentagem de plântulas anormais foi verificada no tratamento TQ1 não diferindo de TQ3 e TQ4. Desta forma observou-se que o substrato papel mostrou a maior porcentagem de plântulas anormais no TQ0 (sem tratamento químico). Em relação aos períodos de avaliação (\*/<sup>ns</sup>), verificou-se que o período 0 mostrou maiores porcentagens de plântulas anormais. Já o período 30 que significativo em ambos os substratos em alguns tratamentos, mostrando as menores porcentagens de plântulas anormais, sendo no substrato papel nos tratamentos TQ0, TQ2, TQ3 e TQ5 e no substrato areia nos tratamentos TQ1 e TQ3. Portanto, o armazenamento das sementes de arroz tratadas em condições adequadas, não causou aumento de plântulas anormais.

Em relação a porcentagem de sementes mortas, para substratos (letras maiúsculas) o substrato areia apresentou diferença significativa, mostrando um elevado percentual de sementes mortas no período 0, chegando a uma porcentagem de 32% no TQ1 (apenas fungicida). O TQ1 e TQ4 no período inicial mostraram as maiores porcentagens de sementes mortas, sendo esses tratamentos fungicida e fungicida + inseticida respectivamente. Sendo assim, esses tratamentos podem ter causado fitotoxicidade às sementes e consequentemente aumentando o número de plântulas anormais e sementes mortas. Ainda segundo Dan et al. (2012), o tratamento químico pode causar, além da desintegração do sistema de membranas, um descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior, determinando a redução da viabilidade das sementes e consequentemente um

acréscimo no percentual sementes mortas.

Para tratamento químico (letras minúsculas), observou-se que o substrato areia em ambos os períodos de avaliação apresentou diferenças entre os tratamentos, sendo que, de uma maneira geral, o TQ0 e o TQ5 foram os tratamentos menos prejudicados no período 0 e para o período de 30 dias o TQ5 mostrou a menor porcentagem de sementes mortas (8%). Para períodos de avaliação (\*/<sup>ns</sup>), o período de 30 dias após o tratamento das sementes no substrato areia foi significativo em relação ao período 0, mostrando elevadas porcentagens de sementes mortas, sendo essas verificadas nos tratamentos TQ1, TQ3, TQ4 respectivamente.

**Tabela 4** - Porcentagem de plântulas anormais e sementes mortas (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021.

<b>PLÂNTULAS ANORMAIS (%)</b>				
<b>Tratamento</b>	<b>PAPEL</b>		<b>AREIA</b>	
	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>30</b>
<b>TQ0</b>	11Ac	2Aa*	0Ba	0Ba <sup>ns</sup>
<b>TQ1</b>	2Aa	2Aa <sup>ns</sup>	2Ac	0Ba*
<b>TQ2</b>	5Aab	2Aa*	1Bab	0Ba <sup>ns</sup>
<b>TQ3</b>	4Aab	2Aa*	2Abc	0Ba*
<b>TQ4</b>	4Aab	3Aa <sup>ns</sup>	1Babc	0Ba <sup>ns</sup>
<b>TQ5</b>	6Abc	3Aa*	0Ba	0Ba <sup>ns</sup>

<b>SEMENTES MORTAS (%)</b>				
<b>Tratamento</b>	<b>PAPEL</b>		<b>AREIA</b>	
	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>30</b>
<b>TQ0</b>	9Aa	11Ba <sup>ns</sup>	13Aa	18Ab <sup>ns</sup>
<b>TQ1</b>	9Ba	9Aa <sup>ns</sup>	32Ac	15Aab*
<b>TQ2</b>	9Ba	10Aa <sup>ns</sup>	17Aab	12Aab <sup>ns</sup>
<b>TQ3</b>	7Ba	11Aa*	23Aabc	9Aab*
<b>TQ4</b>	4Ba	5Aa <sup>ns</sup>	26Abc	10Aab*
<b>TQ5</b>	8Ba	10Aa <sup>ns</sup>	14Aab	8Aa <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, comparando os substratos em cada período de avaliação e \*/<sup>ns</sup> (significativo e não significativo), comparando os períodos de avaliação, ambos pelo “teste t” a 5% de probabilidade.

Segundo Gomes et al. (2016), pelo fato das doses de produtos químicos recomendadas para o tratamento de sementes serem provenientes de resultados de testes realizados em campo, em que, em condições naturais de ambiente (solo, água, temperatura), uma parte dos ingredientes ativos dos

fungicidas são absorvidos pelas sementes, adsorvidos pelas partículas de solo ou lixiviados, o que não ocorre quando os testes são realizados em laboratório.

Diante dos dados obtidos, utilizando-se dos substratos indicados pelas RAS, verificou-se a necessidade de testar os substratos alternativos propostos inicialmente (areia e vermiculita entre papel), buscando-se assim algumas respostas em relação ao teste de germinação para sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos.

Através da Tabela 5, observando os dados referentes a análise de variância (ANOVA), constatou-se que ocorreu efeito significativo entre os três fatores analisados (períodos, substratos e tratamentos químicos) para todas as variáveis analisadas.

**Tabela 5** - Resumo da análise de variância (ANOVA) para primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (ANORMAIS) e sementes mortas (MORTAS) em sementes de arroz tratadas com diferentes produtos químicos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

FATORES	GL	Quadrados médios			
		PCG	G	ANORMAIS	MORTAS
Períodos (P)	1	7166,29*	125,13*	62,20**	96,80**
Substratos (S)	3	137,42*	18,1	11,31**	3,64**
Trat. Químico (TQ)	5	1272,85*	508,32**	3,18**	5,26**
P x S	3	910,67*	171,92**	4,41**	10,62**
P x TQ	5	235,82*	72,33**	0,68**	0,76**
S x TQ	15	23,69	28,06*	0,66**	0,43**
P x S x TQ	15	62,58*	29,32*	0,33**	0,43**
RESÍDUO	144	23,7	9,55	0,13	0,16
CV	-	2,88	3,41	15,01	17,84

\*\*Significativo a 1% de probabilidade (P<0.01); \*significativo a 5% de probabilidade (P<0.05); QM = quadrado médio; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; P = períodos; S = substratos; TQ = tratamento químico.

Para a variável primeira contagem da germinação (Tabela 6), utilizando-se diferentes substratos entre papel pode-se observar para substratos (letras maiúsculas) que o substrato papel e papel + vermiculita foi significativo em todos os tratamentos químicos aplicados em relação aos demais substratos como areia e papel + areia nesse mesmo período de avaliação. Já no período de 30 dias após tratamento das sementes de arroz, verificou-se média abaixo de 80% no TQ0 no substrato papel, não diferindo de papel + areia e papel + vermiculita nesse mesmo tratamento (TQ0).

Em relação aos tratamentos químicos (letras minúsculas), é possível verificar (Tabela 6) que o TQ2 contendo o inseticida Tiometoxam apresentou as maiores médias, diferindo de alguns tratamentos dentro dos períodos e substratos testados, enfatizando assim, um menor efeito tóxico do produto nas sementes. Segundo Clavijo (2008), o produto tiametoxam, transportado dentro da planta através de suas células, 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 condições adversas, tais como estresse por falta de água, baixo pH, ataque de viroses e deficiência de nutrientes, possuindo efeito fitotônico, isto é, desenvolvimento mais rápido do vegetal expressando melhor seu vigor.

Em função dos períodos de avaliação testados (\*/<sup>ns</sup>), constatou-se que o período de 30 dias mostrou pelo menos três tratamentos que diferiram em relação ao período de avaliação 0 em todos os substratos avaliados, mostrando dessa forma que a menor porcentagem de germinação em alguns tratamentos no período 0 pode estar atribuída a possível dormência dessas sementes quando colhidas, pois essas sementes logo que colhidas podem vir a apresentar dormência, sendo que no período 0 praticamente todos os tratamentos em todos os substratos apresentaram média inferior a 80% de germinação, fato esse que não foi verificado no período de 30 dias após o tratamento químico das sementes, mostrando que o armazenamento dessas sementes tratadas em condições adequadas não afetou negativamente os resultados da primeira contagem da germinação.

O período de dormência das sementes de arroz é comum entre cultivares, porém as condições de armazenamento, principalmente com a elevação da temperatura, segundo Bewley & Black (1994) podem reduzi-lo, facilitando significativamente a germinação das sementes. Para Marcos Filho (2015), sementes de arroz recém colhidas tem um elevado índice de dormência, mas pelo fato de serem armazenadas e não semeadas imediatamente após a colheita a dormência não se torna um problema pela superação deste fator à medida que a semente envelhece.

Para porcentagem de germinação (Tabela 6), em relação aos substratos (letras maiúsculas) verificou-se de uma maneira geral que as médias de germinação foram superiores a 80% (padrão mínimo exigido para fins de

comercialização), exceto no período 0 no TQ0 nos substratos areia e papel + areia, mostrando 70 e 74% de germinação respectivamente. Essa porcentagem de germinação mais baixa pode estar atrelada a questão desse tratamento não receber nenhum tratamento e não descartando o efeito do substrato utilizado, sendo nesse caso areia em bandeja (método tradicional) e adição de areia no papel germitest. Para tratamentos químicos (letras minúsculas), de uma maneira geral o TQ2 contendo Tiametoxam também foi superior aos demais como na (PCG), apresentando as maiores médias para essa variável. Em relação aos períodos de avaliação (\*/<sup>ns</sup>) 30 dias após o tratamento das sementes mostrou significância em relação ao período de avaliação 0 em todos os substratos em alguns tratamentos, sendo para o substrato papel nos tratamentos TQ2 e TQ4, no substrato areia nos tratamentos TQ0 e TQ3, no papel + areia no TQ0 e TQ3 e para papel + vermiculita apenas o T5 mostrou efeito significativo.

**Tabela 6** - Primeira contagem da germinação e germinação (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes produtos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

TRATAMENTOS QUÍMICOS	PRIMEIRA CONTAGEM DA GERMINAÇÃO (PCG %)							
	PAPEL		AREIA		PAPEL + AREIA		PAPEL + VERMICULITA	
	0	30	0	30	0	30	0	30
TQ0	65Ac	74Bc*	42Bc	84Aa*	56Ad	77ABb*	63Ac	81ABabc*
TQ1	81Aab	85Aab*	71Bb	90Aa*	73ABab	83Aab <sup>ns</sup>	78ABab	88Aab*
TQ2	87Aa	93Aa*	81Aa	92Aa <sup>ns</sup>	79Aa	91Aa*	82Aa	89Aa <sup>ns</sup>
TQ3	76Ab	78Abc <sup>ns</sup>	64Bb	86Aa*	63Bcd	87Aab*	71ABbc	79Aabc*
TQ4	75Ab	77Abc <sup>ns</sup>	66Bb	83Aa*	66Bbc	82Aab*	76Aab	79Abc <sup>ns</sup>
TQ5	81Aab	81ABbc <sup>ns</sup>	63Bb	89Aa*	72Aabc	83ABab*	79ABab	75Bc <sup>ns</sup>
TRATAMENTOS QUÍMICOS	GERMINAÇÃO (%)							
	PAPEL		AREIA		PAPEL + AREIA		PAPEL + VERMICULITA	
	0	30	0	30	0	30	0	30
TQ0	80Ac	79Bd <sup>ns</sup>	70Cb	88Aa*	74Cc	87Aa*	88Aab	85Aab <sup>ns</sup>
TQ1	92Aa	91Aab <sup>ns</sup>	91Aa	92Aa <sup>ns</sup>	89Aab	88Aa <sup>ns</sup>	93Aa	91Aa <sup>ns</sup>
TQ2	93Aa	95Aa*	91Aa	94Aa <sup>ns</sup>	92Aa	93Aa <sup>ns</sup>	92Aa	91Aa <sup>ns</sup>
TQ3	85Abc	84Ccd <sup>ns</sup>	86Aa	91ABa*	84Ab	92Aa*	85Ab	85BCab <sup>ns</sup>
TQ4	92Aab	88Abc*	90Aa	89Aa <sup>ns</sup>	88Aab	91Aa <sup>ns</sup>	91Aab	88Aab <sup>ns</sup>
TQ5	88Bab	87ABbc <sup>ns</sup>	86ABa	92Aa <sup>ns</sup>	85Bab	87Aba <sup>ns</sup>	92Aa	84Bb*

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando substratos em cada período de avaliação, e letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>\*/<sup>ns</sup> (significativo e não significativo pelo “teste t” a 5% de probabilidade) comparando os períodos de avaliação, em cada tratamento químico e substrato.

Na (Tabela 7), estão apresentados os dados referentes a porcentagem de plântulas anormais e sementes mortas. Constatou-se que para substratos (letras maiúsculas) ocorreu efeito significativo entre os substratos utilizados, mostrando para o substrato areia no período de avaliação 0 que não ocorreram plântulas anormais em nenhum dos tratamentos químicos testados. Esse resultado não foi evidenciado aos 30 dias após tratamento (para o mesmo substrato), mostrando médias de 6 e 9% de plântulas anormais. De uma maneira geral observou-se que todos os substratos e períodos testados (exceto substrato areia período 0) mostraram uma porcentagem relativamente expressiva de plântulas anormais, chegando a 15% aos 30 dias no substrato papel no TQ0, não diferindo dos substratos papel + areia e papel + vermiculita. Esse fato também (15% de plântulas anormais) pode estar atribuído as sementes estarem sem tratamento e sofrerem com ataque de algum patógeno, fazendo com que ocorresse esse acréscimo na porcentagem de plântulas anormais. Esse acréscimo de plântulas anormais em alguns tratamentos pode estar relacionado ao armazenamento pois segundo Marcos-Filho (2015) e Ferreira et al. (2016) diferentes fatores podem ocasionar a deterioração das sementes durante o armazenamento, como o teor de água, o ataque de fungos e insetos, o efeito fitotóxico dos produtos, a qualidade fisiológica inicial dos lotes, se há ou não danos na estrutura das sementes e também em relação as condições de armazenamento.

Em relação aos tratamentos químicos (letras minúsculas), verificou-se no período 0 que a testemunha (TQ0) não diferiu de TQ3 e TQ5 no substrato papel isolado e de TQ3, TQ4 e TQ5 no substrato papel + vermiculita no mesmo período (0), mostrando um percentual maior de plântulas anormais nesses tratamentos. Aos 30 dias pode-se observar que no substrato papel o (TQ0) também não diferiu de TQ4, em papel + areia TQ0 não diferiu de TQ1, TQ4 e TQ5 e em papel + vermiculita esse mesmo tratamento não diferiu de TQ3, TQ4 e TQ5. Verificou-se ainda que, o TQ5 nos substratos papel + areia e papel + vermiculita apresentaram 13 e 11% respectivamente de plântulas anormais, podendo esse tratamento, contendo (Imidacloprido + tiodicarbe) ter causado esse percentual relativamente mais elevado de plântulas anormais.

Para períodos testados (\*/<sup>ns</sup>), o período de 30 dias mostrou efeito significativo em pelo menos três tratamentos em todos os substratos testados, sendo que no substrato areia todos os tratamentos mostraram significância em relação ao período 0, acarretando um acréscimo de plântulas anormais nesse período de avaliação (30). Fessel et al. (2003) relatam que tratamentos químicos aplicados em sementes tendem, a gerar efeitos latentes, desfavoráveis ao desempenho das sementes, intensificados com o prolongamento do período de armazenamento.

Para porcentagem de sementes mortas (Tabela 7), observou-se para substratos (letras maiúsculas) que os substratos papel e papel + vermiculita no período 0, mostraram significância em relação aos outros substratos, mostrando porcentagens de sementes mortas mais baixas. Ainda foi possível verificar que no TQ0 no substrato areia 30% de sementes mortas no período 0. Verificou-se para tratamentos químicos (letras minúsculas), uma maior variação significativa ao longo dos tratamentos, sendo que no período 30 dias no substrato papel + areia e para papel + vermiculita em ambos os períodos de avaliação não ocorreu diferença significativa ao longo dos tratamentos químicos aplicados. Já para períodos (\*/<sup>ns</sup>), o período de avaliação (30) foi significativo em relação ao (0) nos quatro substratos testados, evidenciando dessa forma que o armazenamento por 30 dias de sementes de arroz tratadas não foi relevante na ocorrência de sementes mortas.

**Tabela 7** - Porcentagem de plântulas anormais e sementes mortas (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes produtos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

TRATAMENTOS QUÍMICOS	PLÂNTULAS ANORMAIS (%)							
	PAPEL		AREIA		PAPEL + AREIA		PAPEL + VERMICULITA	
	0	30	0	30	0	30	0	30
TQ0	10Cc	15Bc*	0Aa	9Aa*	11Cb	13ABbc <sup>ns</sup>	4Bbc	10ABbc <sup>ns</sup>
TQ1	3BCab	7Ab*	0Aa	6Aa*	4Ca	12Bbc <sup>ns</sup>	1Bba	5Aa*
TQ2	3Bab	3Aa <sup>ns</sup>	0Aa	6Aba*	3Ba	7Ba*	3Bab	6ABab*
TQ3	7Bc	9ABb*	0Aa	6Aa*	6Ba	8ABab <sup>ns</sup>	7Bc	11Bc*
TQ4	2Ba	11Abc*	0Aa	9Aa*	4Ba	9Aabc*	4Babc	9Aabc*
TQ5	6Bbc	9ABCb*	0Aa	6Aa*	4Ba	13Bc*	3Bab	11Bc*
TRATAMENTOS QUÍMICOS	SEMENTES MORTAS (%)							
	PAPEL		AREIA		PAPEL + AREIA		PAPEL + VERMICULITA	
	0	30	0	30	0	30	0	30
TQ0	10ABb	6Bc*	30Cc	3Bb*	15Bc	0Aa*	8Aa	5Ba*
TQ1	5Aa	2ABab*	9Bab	2ABab*	7ABab	0Aa*	6ABa	4Ba <sup>ns</sup>
TQ2	4Aa	2BCab*	9Aa	0Aba <sup>ns</sup>	5Aa	0Aa*	5Aa	3Ca <sup>ns</sup>
TQ3	8Aab	7Cc <sup>ns</sup>	14Bb	3Ab*	10ABabc	0Aa*	8Aa	4BCa*
TQ4	6ABab	1Aba*	10Bab	2ABab*	8ABab	0Aa*	5Aa	3Ba*
TQ5	6Aab	4BCbc <sup>ns</sup>	14Bb	2Bab*	11Bbc	0Aa*	5Aa	5Ca <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, comparando substratos em cada período de avaliação, e letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>\*/<sup>ns</sup> (significativo e não significativo pelo “teste t” a 5% de probabilidade) comparando os períodos de avaliação, em cada tratamento químico e substrato.

Analisando os resultados obtidos no trabalho, verificou-se que a utilização dos substratos alternativos como areia e vermiculita entre papel foram eficazes, não afetando negativamente a germinação das sementes.

Dessa forma, é importante enfatizar a relevância da sequência dos estudos, buscando-se aplicar a adaptação do teste de germinação de sementes de arroz tratadas em diferentes níveis de qualidade de sementes e diferentes genótipos. Dessa forma, espera-se encontrar resultados satisfatórios e então aplicáveis.

#### **2.4. Conclusões**

Os substratos indicados pelas Regras para análise de sementes são eficazes para germinação de sementes de arroz; a areia e vermiculita entre papel são alternativas metodológicas que se mostram adequadas ao teste germinação em sementes de arroz tratadas; o inseticida Tiametoxam não acarretou resultados negativos para primeira contagem e para porcentagem de germinação; o armazenamento das sementes tratadas por 30 dias de certa forma fez com que as sementes expressassem melhor desempenho no teste de primeira contagem, mostrando valores superiores na porcentagem de germinação.

### **3. Capítulo II – Substratos alternativos para teste de germinação em sementes de arroz com distinta qualidade fisiológica e quimicamente tratadas**

#### **3.1. Introdução**

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um dos alimentos de maior importância, sendo cultivado em mais de 100 países e consumido regularmente por aproximadamente 3,5 bilhões de pessoas em todo o mundo, o que representa cerca da metade da população mundial (IRRI, 2017). No Brasil é o terceiro grão mais produzido, estando atrás somente do milho e da soja (CONAB, 2020). Seu cultivo é caracterizado como a principal atividade econômica na metade sul do estado do Rio Grande do Sul, caracterizando-se como o maior produtor brasileiro (ALMEIDA et al., 2011).

Devido a sua importância como fonte energética, é primordial que o suprimento de arroz seja suficientemente alto e estável. Embora a produtividade do arroz tenha aumentado nos últimos anos, não tem sido suficiente para suprir a crescente demanda. Além de que, a oferta de arroz é variável a cada safra, devido ao fato de as plantas estarem expostas a ocorrência de condições desfavoráveis, desde a implantação da lavoura até a colheita, o que pode gerar estresse na cultura e redução da produtividade (TEIXEIRA, 2017).

Diante disso, existem vários fatores que podem acarretar influências negativas nas culturas, como exemplo ataque de microorganismos. Para evitar possíveis perdas decorrentes das ações de pragas do solo e da parte aérea, tem-se como alternativa, o uso preventivo do tratamento de sementes (SILVA, 1998). Essa prática vem sendo adotada, pois confere a semente condições de defesa, possibilitando maior potencial para o desenvolvimento inicial da cultura e contribuindo para obtenção do estande inicial almejado (BAUDET; PESKE, 2007).

Além de conferir proteção às sementes, o tratamento de sementes com produtos químicos oferece garantia adicional ao estabelecimento da lavoura a custos reduzidos, representando menos de 0,5% do custo de instalação da lavoura (HENNING et al., 2010). Esta prática é uma das mais interessantes e potencialmente benéficas para realçar o desempenho das sementes (DELOUCHE, 2005). O uso de fungicidas, além de reduzir danos causados por fungos nelas presentes, também visa o controle de microrganismos que atacam as plântulas na fase de estabelecimento no campo (HENNING, 2005).

Assim, concomitante ao uso de produtos químicos no tratamento de sementes, é de suma importância o uso de sementes de elevada qualidade para a obtenção de altas produtividades. A elevada qualidade das sementes reflete-se, segundo Popinigis (1985) diretamente a cultura resultante, em termos de uniformidade da população e maior produtividade. Por outro lado, os efeitos da baixa qualidade fisiológica são traduzidos pelo decréscimo na porcentagem de germinação, no aumento do número de plântulas anormais e redução no vigor das sementes (SMIDERLE; CÍCERO, 1998).

A fim de atender a demanda de sementes para uma ampla gama de produtores com materiais de distintos níveis de qualidade, os testes que inferem sobre a qualidade fisiológica das sementes, entre eles o teste de germinação, padronizado pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) e indispensável à comercialização legal de sementes, deve ser robusto o suficiente para avaliar o potencial máximo de um lote de sementes, oferecendo condições ideais de temperatura, umidade e substratos, permitindo a comparação e distinção da qualidade de diferentes lotes, estimando assim, o valor de semeadura em campo (BRASIL, 2009).

Diante do exposto, é de extrema importância que conjuntamente ao tratamento sejam utilizadas sementes de alta qualidade, sendo que muitas vezes a qualidade do lote de sementes pode influenciar nos resultados encontrados no teste de germinação com sementes tratadas com inseticidas e fungicidas. Portanto, o objetivo desse estudo foi verificar o desempenho de sementes de arroz tratadas com diferentes fungicidas e inseticidas quanto a utilização de distintos níveis de qualidade fisiológica.

### 3.2. Material e métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel). Foram selecionados dois lotes de sementes de arroz, IRGA 424 CL, cuja porcentagem inicial de germinação era de 93 e 82% respectivamente.

Esse estudo foi realizado utilizando-se de alguns produtos químicos como fungicida e inseticida e também uma combinação destes e os experimentos foram acrescidos ainda de um tratamento com sementes não tratadas (Tabela 8).

Foram usados produtos comerciais como o fungicida Maxim XL, inseticida Cruiser 350 FS, fungicida + inseticida Standak Top e o inseticida Cropstar, nas doses de 200, 400, 250 e 7,5 mL 100 Kg<sup>-1</sup> respectivamente e ainda foi testado uma combinação de Cruiser 350 FS + Maxim XL. Todos esses indicados pelo Ministério da Agricultura para o tratamento de sementes de arroz, conforme Tabela 8.

**Tabela 8** - Ingredientes ativos utilizados no tratamento das sementes de arroz. Pelotas, UFPel, 2021.

Tratamento	Nome comercial	Classe	Ingrediente ativo (g/L)	Doses mL/ 100 Kg <sup>-1</sup>	Modo de ação
<b>TQ0</b>	Sem Tratamento	-	-	-	-
<b>TQ1</b>	Maxim XL	fungicidas	Fludioxonil (25) +metalaxil-M (10)	200	sistêmico+contato
<b>TQ2</b>	Cruiser 350 FS	inseticida	Tiametoxam (350)	400	Sistêmico
<b>TQ3</b>	Standak Top	inseticida+fungicida	Piraclostrobina (25) +tiofanato-metílico (225) +fipronil (250)	250	sistêmico+contato+protetor
<b>TQ4</b>	Cruiser 350 FS+Maxim XL	inseticida+fungicida	Tiametoxam (350) +fludioxonil (25) +metalaxil-M (10)	400+200	sistêmico+sistêmico e contato
<b>TQ5</b>	Cropstar	inseticidas	Imidacloprido (150) +tiodicarbe (450)	7,5	Sistêmico

O tratamento foi realizado em tratadora comercial da marca MECMAC, utilizando-se uma rotação de 60 rpm. As sementes de cada lote foram depositadas no interior da tratadora e os produtos foram aplicados em suas determinadas doses, juntamente com água para completar o volume de calda. As doses utilizadas sempre foram as maiores doses recomendadas para a cultura e o volume de calda calculado foi de 13 mL para cada 500 gramas de sementes de arroz. Posteriormente, as sementes de cada lote foram agitadas por 3 minutos, sendo 1 minuto em posição vertical e 2 em posição inclinada, para melhor recobrimento das sementes. Após esse período, foram postas em sacos plásticos e deixadas em temperatura ambiente por 24 horas, e posterior disposição das mesmas nos substratos areia (bandejas), papel, areia entre papel e vermiculita entre papel. Para a germinação em areia (bandejas), foram utilizadas bandejas com dimensões de A7cm x L21cm x C29,5cm, preenchidas com 1,800 kg de areia, com granulometria entre 0,05 e 0,8 mm de diâmetro, umedecidas com 300 mL de água destilada cada e semeadas 50 sementes por bandeja.

O substrato papel foi umedecido com água destilada em quantia equivalente a 2,0 vezes o seu peso e para formação dos rolos com vermiculita e com areia entre papel, foi depositado sobre duas folhas de papel de vermiculita classe média úmida e 50 mL de areia granulometria média de acordo com Tunes et al. (2020). A vermiculita foi umedecida colocando-a em um balde com água destilada por aproximadamente 16 horas, com a posterior remoção do excesso de água para sua utilização. Já a areia, foi umedecida com base no teste de retenção de água, onde se determinou o uso de 165 mL de água kg<sup>-1</sup> de areia, que foi pesada em quantidade suficiente para seu uso no interior do papel. Depois de preparados cada substrato, foram dispostas 50 sementes em cada rolo, que foram cuidadosamente montados, e todos os rolos e bandejas foram mantidos em germinador por quatorze dias, (contados até a contagem final), a 25 ± 1 °C, sob regime de 12 horas luz (BRASIL, 2009).

A primeira contagem foi aos cinco dias após semeadura, e aos quatorze a contagem final, com as classificações de plântulas normais, anormais e sementes mortas. O estudo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em um esquema trifatorial, sendo (6 x 4 x 2) com quatro repetições estatísticas. O fator A correspondeu aos tratamentos químicos

utilizados (TQ0, TQ1, TQ2, TQ3, TQ4 e TQ5), o fator B correspondeu aos substratos (areia, papel, areia entre papel e vermiculita entre papel), e o fator C aos dois lotes avaliados. Cada repetição foi composta por quatro rolos ou quatro bandejas

Os dados foram submetidos à análise de pressupostos quanto a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, não atendido tal pressuposto os dados referentes a plântulas anormais e sementes mortas foram transformadas, aplicando a equação  $(\sqrt{x} + 0,5)$ . Em seguida foi realizada a análise de variância e em caso de significância, compararam-se os efeitos dos tratamentos e substratos pelo teste de Tukey e os efeitos de lotes pelo teste t, ambos a um nível de probabilidade de 5%, sendo a análise estatística realizada com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2014).

### **3.3. Resultados e Discussão**

Na Tabela 9 pode-se observar o resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas. Observou-se que ocorreu interação tripla entre os fatores testados (lotes, substratos e tratamentos), apenas para germinação (G) e plântulas anormais (ANORMAIS). Para primeira contagem da germinação (PCG) ocorreu interação dupla entre lotes e substratos (L x S) e para lotes e tratamentos (L x TQ). Já para sementes mortas (MORTAS) a interação dupla ocorreu entre lotes e substratos (L x S).

**Tabela 9** - Resumo da análise de variância para primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G), anormais (ANORMAIS) e mortas (MORTAS) em sementes de arroz quimicamente tratadas em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

FATORES	GL	Quadrados médios			
		PCG	G	ANORMAIS	MORTAS
Lotes (L)	1	18526,02*	4485,33**	0,06	4228,13**
Substratos (S)	3	171,68**	32,31	11,81**	46,71**
Trat. Químico (TQ)	5	107,26**	43,13**	0,81**	31,15**
L x S	3	168,74**	62,68**	0,21*	40,54**
L X TQ	5	158,62*	17,78	0,29**	20,98
S X TQ	15	46,81	7,78	0,25**	5,8
L X S X TQ	15	30,99	22,91**	0,15*	17,81
RESÍDUO	144	30,6	13,11	0,06	12,41
CV (%)	-	3,26	1,61	18,12	13,6

\*\*Significativo a 1% de probabilidade (P<0.01); \*significativo a 5% de probabilidade (P<0.05); QM = quadrado médio; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; L = lotes; S = substratos; TQ = tratamento químico

Através da Tabela 10, é possível observar a comparação entre os lotes utilizados e substratos para primeira contagem da germinação, mostrando que o lote 1 foi significativo em relação ao lote 2 em função dos substratos testados, pois esse lote apresentou uma qualidade superior, mostrando no substrato papel um valor superior na porcentagem de germinação de 25 pontos percentuais em relação ao lote 2 já na primeira contagem de germinação. Já o lote 2 apresentou qualidade inferior em relação ao 1, sendo a maior porcentagem de germinação observada no substrato areia (77%) e no lote 1 a maior porcentagem de germinação foi observada no substrato papel + vermiculita, chegando a (92%). O lote 2 apresentou uma porcentagem de germinação de 77% no substrato areia, pois esse substrato pode ter influenciado, de forma positiva a expressão do vigor dessas sementes.

**Tabela 10** - Médias dos tratamentos químicos (TQ0, TQ1, TQ2, TQ3, TQ4 e TQ5) para primeira contagem da germinação (PCG%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021. **(Lotes x substratos)**

SUBSTRATOS	PCG%	
	LOTE 1 (93%)	LOTE 2 (82%)
<b>PAPEL</b>	89a	64b*
<b>AREIA</b>	91a	77a*
<b>PAPEL+AREIA</b>	91a	69b*
<b>PAPEL+VERMICULITA</b>	92a	70b*

\*Médias seguidas com a mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey e \*/ns na linha (significativo e não significativo), pelo “teste t”, ambos a 5% de probabilidade.

A Tabela 11 mostra o desdobramento da interação entre os fatores lotes e tratamento químico para a variável primeira contagem da germinação (PCG). Observaram-se diferenças significativas entre os lotes testados, sendo lote 1 superior ao 2 para em todos os tratamentos aplicados. Para o fator lote vs tratamento, verificou-se que o lote 1 não apresentou efeito significativo em nenhum tratamento testado, mostrando que sementes de alta qualidade são menos afetadas pelo tratamento químico, evidenciando a importância de se trabalhar com lotes com estas características. No lote 2 o TQ3 contendo (fungicida + inseticida) apresentou significância apresentando (77%) de germinação e não diferindo de TQ4 (mistura de inseticida + fungicida), evidenciando para essa variável que misturas de produtos químicos não foram prejudiciais para expressão do vigor das sementes de arroz. Observou-se ainda no lote 2 que o TQ3 contendo mistura de inseticida + fungicida (Piraclostrobina + tiofanato-metílico + fipronil) apresentou 77% de germinação, mostrando um valor superior de 10 pp na porcentagem de germinação em relação ao TQ1 (contendo apenas fungicida: fludioxonil + metalaxil-M) e um resultado superior de 7 pp em relação ao TQ2 (contendo apenas Tiametoxam), mostrando para essa variável que a mistura desses produtos não afetou negativamente a porcentagem da germinação no teste de primeira contagem.

Para sementes de soja, estudos prévios têm demonstrado efeito positivo do tratamento químico com fungicida/inseticida (Piraclostrobina + tiofanato-metílico + fipronil) (BRZEZINSKI et al., 2015). Esses resultados, não corroboram com resultados encontrados por Soares et al. (2012) onde o inseticida tiametoxam exerceu efeito sobre sementes de arroz com baixo vigor,

observado através do teste de primeira contagem de germinação, em que sementes de baixo vigor tratadas com esse produto tiveram aumentos percentuais de até 11 pontos, havendo também incremento no comprimento de raiz. Já Almeida et al. (2016) observaram que tratamentos à base de Tiametoxam expressam um incremento no vigor em sementes de arroz.

**Tabela 11** - Médias dos substratos (areia, papel, papel + areia e papel + vermiculita) para primeira contagem da germinação (PCG%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021. (**Lotes x tratamentos**)

TRATAMENTOS QUÍMICOS	PCG (%)	
	LOTE 1(93%)	LOTE 2 (82%)
TQ0	90a	69c*
TQ1	93a	67c*
TQ2	91a	69c*
TQ3	90a	77a*
TQ4	92a	75ab*
TQ5	90a	71bc*

\*Médias seguidas com a mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey e <sup>\*/ns</sup> na linha (significativo e não significativo), pelo “teste t”, ambos a 5% de probabilidade.

Para porcentagem de germinação das sementes de arroz tratadas, ocorreu interação tripla entre os fatores lotes, tratamentos químicos e substratos (Tabela 12). Em relação aos substratos testados (letras maiúsculas) observou-se que não ocorreu diferença significativa entre os lotes, exceto para o substrato papel + areia no lote 2 no TQ5, podendo estar atribuído ao produto utilizado a base de Imidacloprido + thiodicarbe que pode ser tóxico as sementes, principalmente se essas apresentarem algum dano no tegumento. Pois Vanin et al. (2011) trabalhando com sementes de sorgo, constataram que o tratamento à base de imidacloprido + thiodicarbe ocasionou um menor percentual de germinação das mesmas. Tunes et al. (2020) trabalhando com diferentes níveis de qualidade de sementes soja tratadas, avaliando substratos alternativos no teste de germinação verificaram que o tratamento químico contendo imidacloprido + thiodicarbe ocasionou a menor porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação. Ainda Dan et al. (2011) verificaram que o tratamento com imidacloprido + thiodicarbe em sementes de soja demonstrou inferioridade na emergência em canteiros contendo areia.

Em relação aos tratamentos químicos testados (letras minúsculas) os resultados obtidos indicaram diferenças apenas para o lote 2 nos substratos areia e papel + areia, mostrando que o TQ2 não diferiu nos dois lotes testados em todos os substratos, exceto no substrato areia, onde mostrou média inferior a testemunha (79%), podendo ter ocorrido algum efeito deletério nessas sementes. Já para Almeida et al. (2011) inseticida a base de (Tiametoxam) utilizado via tratamento de sementes ativa expressão de proteínas, permitindo assim uma melhor expressão da qualidade das sementes.

Para os lotes testados (\*/<sup>ns</sup>), constatou-se que ocorreu diferença significativa em todos os substratos testados no lote 2 como já esperado, pois esse lote apresentou qualidade fisiológica inferior ao lote 1. No substrato areia apenas TQ2 e TQ5 mostraram efeito significativo, os demais não diferiram do lote 1.

Através dos dados obtidos para porcentagem de germinação, verificou-se que, de certa forma a adição de areia e vermiculita no papel germitest foi efetiva para avaliar a germinação do lote 2 que apresentava inicialmente 82% de germinação. Foi possível analisar ainda que os tratamentos TQ0 no substrato papel, TQ2 no substrato areia, TQ0, TQ2 e TQ5 no substrato papel + areia e TQ0, TQ1 e TQ5 no substrato papel + vermiculita mostraram médias inferiores a porcentagem inicial de germinação dessas sementes (82%), podendo ter ocorrido efeito do tratamento químico sobre a semente.

**Tabela 12** - Porcentagem de germinação (%) de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

TRATAMENTOS QUÍMICOS	GERMINAÇÃO (%)							
	PAPEL		AREIA		PAPEL + AREIA		PAPEL + VERMICULITA	
	LOTE 1 (93%)	LOTE 2 (82%)	LOTE 1 (93%)	LOTE 2 (82%)	LOTE 1 (93%)	LOTE 2 (82%)	LOTE 1 (93%)	LOTE 2 (82%)
TQ0	92Aa	81Aa*	90Aa	87Aa <sup>ns</sup>	91Aa	78Aab*	93Aa	80Aa*
TQ1	94Aa	84Aa*	92Aa	86Aab <sup>ns</sup>	94Aa	82Aab*	96Aa	81Aa*
TQ2	91Aa	83Aa*	95Aa	79Ab*	93Aa	81Aab*	92Aa	83Aa*
TQ3	92Aa	82Aa*	91Aa	86Aab <sup>ns</sup>	94Aa	84Aa*	95Aa	86Aa*
TQ4	94Aa	85Aa*	91Aa	87Aa <sup>ns</sup>	92Aa	84Aab*	94Aa	85Aa*
TQ5	88Aa	84Aa*	93Aa	84Aab*	92Aa	77Bb*	94Aa	80Aa*

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, comparando os substratos dentro de cada lote e cada tratamento químico, e letra minúscula na coluna não diferem entre si comparando os tratamentos dentro de cada lote e cada substrato, ambos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>\*/<sup>ns</sup> (significativo e não significativo), comparando os lotes, dentro de cada tratamento químico e substrato, pelo “teste t” a 5% de probabilidade.

Para porcentagem de plântulas anormais, também se observou interação tripla para os fatores testados lotes, tratamentos químicos e substratos (Tabela 13). Em relação aos substratos testados (letras maiúsculas), foi possível verificar conforme os dados que o substrato areia não apresentou nenhuma plântula anormal nos dois lotes em todos os tratamentos testados. Para tratamentos químicos (letras minúsculas), verificou-se diferença significativa nos substratos papel, papel + areia e papel + vermiculita nos dois lotes testados, exceto no substrato papel + areia, onde o lote 1 não mostrou efeito significativo ao longo dos tratamentos e ainda verificando no lote para esse mesmo substrato que apenas o TQ0 diferiu dos demais, apresentando 5% de plântulas anormais. Brzezinski et al. (2015) reportaram maior suscetibilidade de sementes de soja de baixo vigor à toxicidade dos produtos químicos utilizados no tratamento de sementes, com efeitos diretos no acréscimo dos percentuais de plântulas anormais.

Para lotes (\*/<sup>ns</sup>), observou-se efeito significativo no substrato papel no TQ5, onde o lote 2 mostrou 4% a menos de plântulas anormais do que o lote 1, em papel + areia no TQ0, sendo que aqui o lote 2 mostrou 2% a mais de plântulas anormais que o lote 1 e em papel + vermiculita o lote 2 no TQ0, apresentou 4% de plântulas anormais. Diante dos resultados, verificou-se que o lote 2 apresentou um valor um pouco maior de plântulas anormais em relação ao nível 1 no TQ0, podendo estar relacionado a inferioridade de seu vigor e conseqüentemente ocorrendo uma maior porcentagem de anormalidades nas plântulas de arroz.

**Tabela 13** - Porcentagem de plântulas anormais (%) oriundas de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021.

TRATAMENTOS QUÍMICOS	PLÂNTULAS ANORMAIS (%)							
	PAPEL		AREIA		PAPEL + AREIA		PAPEL + VERMICULITA	
	LOTE 1 (93%)	LOTE 2 (82%)	LOTE 1 (93%)	LOTE 2 (82%)	LOTE 1 (93%)	LOTE 2 (82%)	LOTE 1 (93%)	LOTE 2 (82%)
TQ0	4Bab	4Bcd <sup>ns</sup>	0Aa	0Aa <sup>ns</sup>	3Ba	5Bb*	2Ba	4Bb*
TQ1	2Ba	3Bbcd <sup>ns</sup>	0Aa	0Aa <sup>ns</sup>	1Ba	2Ba <sup>ns</sup>	1Bab	2Bab <sup>ns</sup>
TQ2	3Cab	5Cd <sup>ns</sup>	0Aa	0Aa <sup>ns</sup>	1Ba	2Ba <sup>ns</sup>	1Ba	1BCa <sup>ns</sup>
TQ3	3Cab	3Cabc <sup>ns</sup>	0Aa	0Aa <sup>ns</sup>	1Ba	1ABCa <sup>ns</sup>	1Ba	2BCa <sup>ns</sup>
TQ4	2Ba	2Bab <sup>ns</sup>	0Aa	0Aa <sup>ns</sup>	1Ba	2Ba <sup>ns</sup>	1Bab	2Bab <sup>ns</sup>
TQ5	5Ca	1Ba*	0Aa	0Aa <sup>ns</sup>	1Ba	1Ba <sup>ns</sup>	1Ba	1Ba <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, comparando os substratos dentro de cada lote e cada tratamento químico, e letra minúscula na coluna não diferem entre si comparando os tratamentos dentro de cada lote e cada substrato, ambos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> \*/<sup>ns</sup> (significativo e não significativo), comparando os lotes, dentro de cada tratamento químico e substrato, pelo “teste t”, a 5% de probabilidade.

Para porcentagem de sementes mortas (Tabela 14), observou-se interação isolada para tratamento químico e interação dupla para substratos x lotes. Em relação aos tratamentos testados ocorreu efeito significativo, sendo que o TQ1 a base de Fludioxonil + metalaxil-M (fungicida) apresentou a menor porcentagem de sementes mortas no teste de germinação, diferindo apenas de TQ5 que mostrou a maior média para essa variável (12%). Em relação aos substratos x lotes o lote 2 mostrou efeito significativo em relação ao 1 em todos os substratos testados, mostrando uma porcentagem de 17% de sementes mortas no substrato papel + areia.

É importante destacar que, sementes com qualidade fisiológica mais baixa podem comprometer atividades metabólicas e o potencial de germinação (MONDO et al., 2013), e mesmo tratadas com produtos químicos pode ocorrer um acréscimo de sementes mortas.

**Tabela 14** - Médias dos substratos e lotes e médias dos tratamentos químicos para porcentagem de sementes de arroz mortas (%) tratadas com diferentes princípios ativos em função de diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

<b>TRATAMENTOS QUÍMICOS<sup>1</sup></b>		<b>MORTAS %</b>
	<b>TQ0</b>	11AB
	<b>TQ1</b>	9B
	<b>TQ2</b>	11AB
	<b>TQ3</b>	10AB
	<b>TQ4</b>	9AB
	<b>TQ5</b>	12A

<b>SUBSTRATOS<sup>2</sup></b>	<b>LOTE 1 (93%)</b>	<b>LOTE 2 (82%)</b>
<b>PAPEL</b>	5b	14b*
<b>AREIA</b>	8a	15ab*
<b>PAPEL+AREIA</b>	6ab	17a*
<b>PAPEL+VERMICULITA</b>	5b	15ab*

<sup>1</sup>Médias seguidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (Tratamentos químicos).

<sup>2</sup>Médias seguidas com a mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey e \*/<sup>ns</sup> na linha (significativo e não significativo), pelo “teste t”, ambos a 5% de probabilidade.

Analisando os resultados obtidos verificou-se que a utilização dos substratos alternativos sendo areia e vermiculita entre papel não mostraram efeitos negativos para germinação de sementes de arroz tratadas, pois a utilização desses substratos otimiza o espaço no interior do germinador, ocorrendo redução de utilização de bandejas no caso de utilizar o substrato areia. E evidenciando ainda mais a

importância de se trabalhar com lotes de sementes de alta qualidade, pois utilizando lotes de qualidade inferior a 90%, poderá ter-se um acréscimo de plântulas anormais e sementes mortas.

#### **3.4. Conclusões**

A condução do teste de germinação empregando areia e vermiculita entre papel na avaliação de sementes de arroz tratadas quimicamente é viável, tanto para sementes de alta como de baixa qualidade.

## **4. CAPÍTULO III - Validação do uso de substratos alternativos no teste de germinação para sementes de arroz tratadas em diferentes genótipos**

### **4.1. Introdução**

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um dos alimentos mais importantes, pois constitui a base da dieta de mais de três bilhões de pessoas. Atualmente, as sementes de arroz são semeadas em mais de 168 milhões de hectares em todo o mundo, sendo o segundo cereal mais cultivado, com uma produção anual de 741 milhões de toneladas (SOSBAI, 2018).

O Brasil está entre os dez maiores países produtores de arroz (EPAGRI, 2020). Dentro do país, os estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) juntos respondem por 76% da produção nacional. Somente o Rio Grande do Sul responde por 67%, com uma área total cultivada de 1,1 milhão de hectares e um rendimento médio de cerca de 8 toneladas por hectare (IRGA, 2018) e segundo (USDA/FAS, 2015) o Brasil, destaca-se como o maior produtor fora do continente Asiático.

Considerando as diferentes cultivares de arroz que existem no mercado, para o estado do Rio Grande do Sul, a cultivar IRGA 424 RI liderou o ranking das dez mais utilizadas na safra 2019/2020, com 49,6% da área semeada. Ela foi cultivada em 463.500 hectares de um total de 934.537 ha no Estado (IRGA, 2020). Assim como outras que vem sendo semeadas no nosso estado como Guri INTÁ CL que é uma cultivar de alta produtividade agrícola e excelente qualidade de grãos e ainda apresenta resistência a herbicidas. Esta cultivar foi desenvolvida a fim de melhorar o desempenho de seu antecessor Puitá INTÁ CL, mas mantendo as características de alta qualidade industrial. Para o estado de Santa Catarina uma cultivar que prevalece é a Epagri 106, trata-se de uma cultivar precoce, medianamente resistente ao acamamento e à toxicidez indireta de ferro. Destaca-se por ser resistente às raças de brusone atualmente prevalentes em Santa Catarina. (EMBRAPA, 2016).

Tratando-se de cultivares com elevada germinação e vigor, é importante que

essas sementes recebam tratamento químico com fungicidas e inseticidas, buscando-se assim altas produtividades. O estado do Rio Grande do Sul vem se destacado pelo uso do tratamento de sementes, principalmente com fungicidas e inseticidas (FRANCO et al., 2013), pois esta é uma prática utilizada para aumentar o desempenho das sementes, protegendo as culturas durante as fases iniciais do ciclo (PEREIRA et al., 2008).

Diante disso, é de suma importância a utilização de sementes de alta qualidade, sendo que, tratando-se de qualidade de sementes, a germinação é uma das etapas mais importantes do ciclo de vida das plantas, contribuindo para a distribuição de espécies e para aumentar o rendimento e a qualidade das plantas cultivadas (SHU et al., 2016; KAN et al., 2016; RUBIO CASAS et al., 2017).

As sementes utilizadas devem ter porcentagem de germinação e uniformidade elevadas, pois sementes semeadas diretamente podem estar sujeitas a baixas temperaturas, secas, inundações e outras condições adversas como ataque de fungos e pragas. O dano da membrana celular embrionária resulta em infiltração extracelular grave de soluto, menor umidade e vitalidade das sementes e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (DU, et al., 2019).

A aplicação de produtos químicos via tratamento de sementes está atrelada ao uso de sementes de elevada qualidade fisiológica, conferindo proteção das sementes desde o início da germinação. Um declínio na capacidade de germinação pode restringir significativamente a produção de sementes, pois resulta em baixa germinação e emergência de plântulas no campo (ZHOU, et al., 2019). Portanto, no que se refere a sementes tratadas, vale a pena desenvolver um método eficiente para promover a obtenção de plântulas a partir de sementes de arroz tratadas com diferentes princípios ativos.

Diante do exposto, muitas vezes o tratamento químico pode influenciar nos resultados encontrados no teste de germinação de sementes de arroz. Portanto, o objetivo desse estudo foi verificar o desempenho do teste de germinação em sementes de diferentes cultivares de arroz tratadas com diferentes princípios ativos, através do uso de diferentes substratos, utilizando-se de cultivares semeadas no RS e SC.

## 4.2. Material e métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel). Em conformidade com dados obtidos nas etapas anteriores, este estudo teve por objetivo estabelecer padrões em testes de germinação com sementes tratadas, tendo como base neste caso os parâmetros genéticos da espécie, considerando então diferentes cultivares de arroz.

As etapas que foram realizadas neste estudo consideraram então diferentes cultivares de arroz, como Epagri 106, Guri Inta CL, Irga 424 RI e Puitá Inta CL, com o intuito de atender o que está no mercado comercial de sementes, e sofreram os devidos tratamentos conforme princípios ativos e combinações utilizadas neste trabalho.

Nessa etapa as sementes das distintas cultivares receberam tratamento químico com fungicida e inseticida, além de conter um tratamento com sementes não tratadas (Tabela 15). Foram utilizados produtos de modo de ação sistêmico + contato (TQ1), sistêmico (TQ2), sistêmico + contato + protetor (TQ3), sistêmico + sistêmico e contato (TQ4) e sistêmico (TQ5), os produtos utilizados estão descritos na Tabela 15.

**Tabela 15** - Nomes comerciais, classes, ingredientes ativos e doses utilizados no tratamento de sementes de arroz. Pelotas, UFPel, 2021.

Tratamento	Nome comercial	Classe	Ingrediente ativo (g/L)	Doses mL/ 100 Kg <sup>-1</sup>
<b>TQ0</b>	Sem Tratamento	-	-	-
<b>TQ1</b>	Maxim XL	fungicida	Fludioxonil (25) +metalaxil-M (10)	200
<b>TQ2</b>	Cruiser 350 FS	inseticida	Tiametoxam (350)	400
<b>TQ3</b>	Standak Top	inseticida+fungicida	Piraclostrobina (25) +tiofanato-metílico (225) +fipronil (250)	250
<b>TQ4</b>	Cruiser 350 FS+Maxim XL	inseticida+fungicida	Tiametoxam (350) +fludioxonil (25) +metalaxil-M (10)	400+200
<b>TQ5</b>	Cropstar	inseticida	Imidacloprido (150) +tiodicarbe (450)	7,5

O tratamento químico foi realizado em tratadora comercial da marca MECMAC, utilizando-se uma rotação de 60 rpm. As sementes de cada cultivar foram depositadas no interior da tratadora e os produtos foram aplicados em suas determinadas doses, juntamente com água para completar o volume de calda. As doses utilizadas sempre foram as maiores doses recomendadas para a cultura e o volume de calda calculado foi de 13 mL para cada 500 gramas de sementes de arroz.

Posteriormente, a tratadora foi ligada, e as sementes de cada cultivar foram agitadas por 3 minutos, sendo 1 minuto em posição vertical e 2 em posição inclinada, para melhor recobrimento das sementes. Após esse período, foram postas em sacos plásticos e deixadas em temperatura ambiente por 24 horas, e posterior disposição das mesmas nos substratos. Como substratos para condução do teste de germinação, foram utilizados rolo de papel e areia em bandejas (BRASIL, 2009), e os métodos alternativos, vermiculita entre papel e areia entre papel. Os testes de germinação em rolo de papel, vermiculita entre papel e areia entre papel. Para tanto, foram utilizadas, para cada rolo, duas folhas de papel germitest umedecidas com água destilada na proporção de 2,0 vezes o peso do papel seco. Para formação dos rolos com vermiculita e com areia entre papel, foi disposto sobre duas folhas de papel o volume de 50 mL de vermiculita classe média úmida (para o substrato vermiculita entre papel) ou de areia granulometria média úmida (para o substrato areia entre papel), de acordo com Tunes et al. (2020). A vermiculita foi umedecida colocando-a em um balde com água destilada por aproximadamente 16 horas, com a posterior remoção do excesso de água para sua utilização. Já a areia, foi umedecida com base no teste de retenção de água, onde se determinou o uso de 165 mL kg<sup>-1</sup> de areia, que foi pesada em quantidade suficiente para seu uso no meio do papel. Depois de preparados cada substrato, foram dispostas 50 sementes em cada rolo, que foram cuidadosamente montados, e a cada quatro formou-se uma repetição estatística.

Para a montagem do teste de germinação entre areia, foram utilizadas bandejas de aproximadamente quatro litros (A7cm x L21cm x C29,5cm), contendo 1,800 kg de areia, com granulometria média, umedecias com 300 mL de água destilada, e semeadas 50 sementes por bandeja. Todos os rolos e bandejas foram

mantidos em germinador câmara contendo uma lâmina de água para manutenção da umidade interior, por quatorze dias, (contados até a contagem final), a  $25 \pm 1$  °C, sob regime de 12 horas luz.

O estudo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e foram avaliadas as variáveis: primeira contagem da germinação (aos 5 dias), germinação (aos 14 dias), plântulas anormais (aos 14 dias) e sementes mortas (aos 14 dias). Com os dados obtidos foram gerados gráficos do tipo Heatmap, elaborados individualmente para cada cultivar e constituídos da análise de dados transformados (x-média/desvio padrão) dentro de cada variável avaliada. Os agrupamentos hierárquicos (clusters) foram obtidos com auxílio do servidor web Heatmapper (BABICKI et al. 2016).

### **4.3. Resultados e Discussão**

Com a aplicação da análise de cluster junto a um dendograma, identificou-se a significância da interação bifatorial (substrato x tratamento químico) para todas as variáveis e cultivares avaliadas. Assim, os efeitos isolados dos fatores foram desconsiderados e formaram-se 24 grupos apresentados em gráficos do tipo “heatmap”. Desta forma pode-se ter uma visão geral dos resultados, e visualizar quais interações possuem os maiores valores para cada uma das variáveis e o grau de similaridade entre elas, através da escala de cores observadas (Figuras 1 a 4).

Os valores de primeira contagem, germinação, plântulas anormais e sementes mortas foram calculados em porcentagem e variaram de 65 a 96%, 80 a 97%, 0 a 5% e 2 a 13%, respectivamente, nas quatro cultivares analisadas.

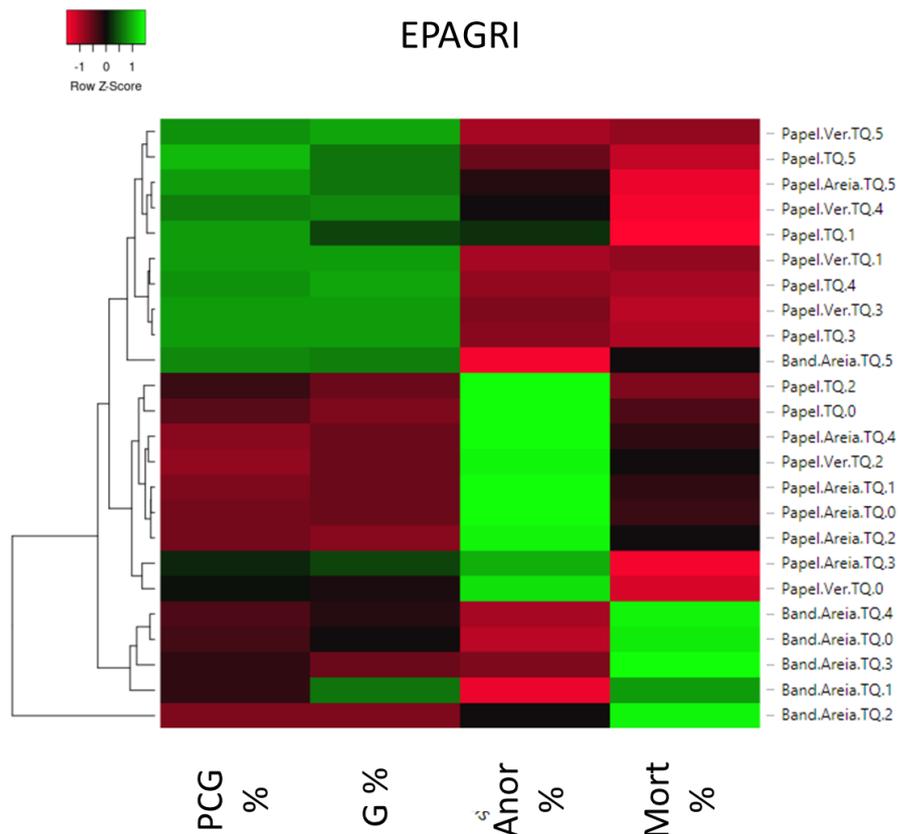
Para a cultivar Epagri (Figura 1), observou-se que os maiores valores de porcentagem na primeira contagem e germinação foram apresentados pelas interações entre o substrato papel e os tratamentos químicos TQ1, TQ3, TQ4 e TQ5, substrato papel + vermiculita para os mesmos tratamentos químicos, papel + areia para o tratamento químico TQ5 e areia em bandeja também com o tratamento TQ5.

Estudos têm mostrado resultados inferiores do inseticida imidacloprido + tiodicarbe em combinação com outros fungicidas no tratamento de sementes de diferentes cultivares de soja, com redução média da primeira contagem de plântulas, germinação e envelhecimento acelerado se comparado ao uso de outros produtos (CAMILO et al., 2017), o que não corrobora com os resultados aqui encontrados,

visto que o tratamento TQ5 (contendo imidacloprido + tiodicarbe) em todos os substratos testados foram eficazes para expressar a qualidade fisiológica das sementes de arroz. Um dos fatores que podem ter influenciado esse resultado, pode estar atrelado a estrutura das sementes de arroz, pois o arroz apresenta a pálea e a lema. A pálea e a lema constituem a casca da semente de arroz com a principal função de protegê-la contra os danos causados por fungos, insetos, danos mecânicos mantendo sua integridade e qualidade fisiológica (SWAROWSKY; ASSMANN 2016) e também pode vir a reduzir a toxicidade por produtos químicos.

Para plântulas anormais pode-se verificar que, a maior quantidade de plântulas anormais, foram observadas nas interações entre o substrato papel e os tratamentos químicos TQ0 e TQ2, papel + vermiculita e os tratamentos químicos TQ0 e TQ2 e papel + areia nos tratamentos TQ0, TQ1, TQ2, TQ3 e TQ4 e o substrato areia em bandeja não apresentou anormalidades de plântulas em nenhum tratamento testado. Enquanto, que a maior quantidade de sementes mortas foi encontrada no substrato areia em bandeja nos tratamentos TQ0, TQ1, TQ2, TQ3 e TQ4.

Em relação a variável plântulas anormais, os resultados encontrados nesse estudo corroboram com Tunes et al. 2020 que trabalhando com sementes de diferentes cultivares de soja tratadas com diferentes princípios ativos, verificou que o substrato areia em bandeja apresentou os melhores resultados para a variável plântulas anormais.

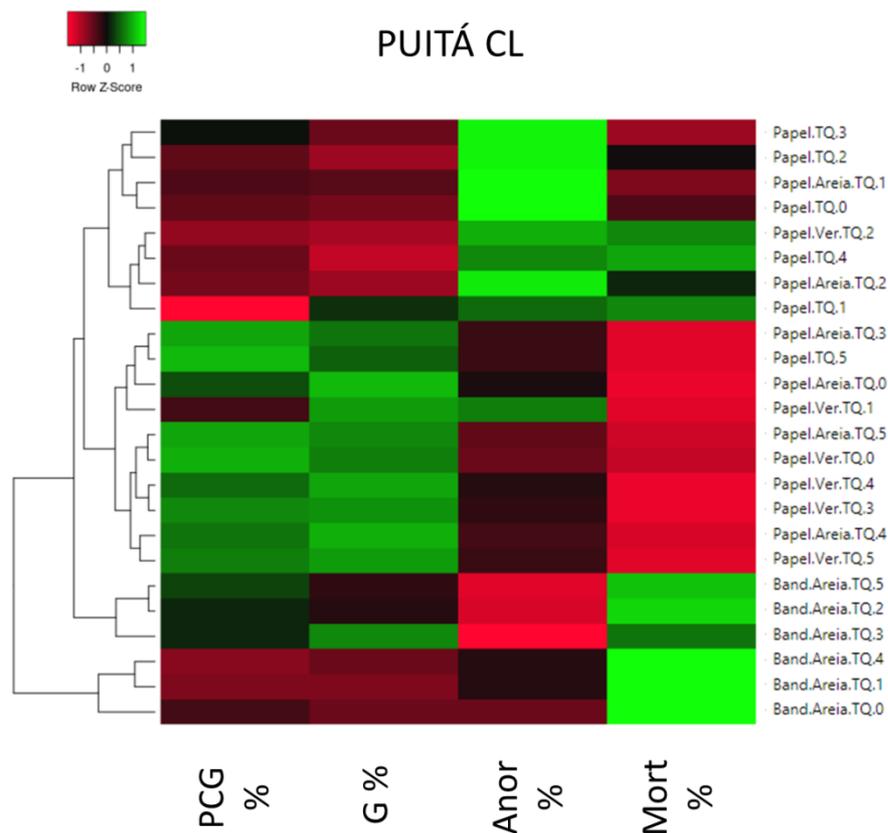


**Figura 2** - Primeira contagem da germinação (PCG %), germinação (G%), plântulas anormais (Anorm %) e sementes mortas (Mort %) agrupadas em função de diferentes substratos e tipos de tratamentos químicos para a cultivar Epagri. Pelotas, UFPel, 2021.

Para a cultivar Puitá INTA CL (Figura 2), no entanto, os maiores valores de germinação em primeira contagem foram encontrados nos substratos papel com tratamento químico TQ5 e nos substratos papel + vermiculita e papel + areia nos tratamentos químicos TQ0, TQ3, TQ4 e TQ5. A porcentagem final de germinação, foi superior também nos substratos papel + vermiculita com o tratamento TQ1 e areia em bandeja com o tratamento TQ3. Pode-se verificar que o tratamento químico TQ2 contendo tiametoxam mesmo não apresentando as maiores médias para primeira contagem e germinação também foi eficiente para expressar a qualidade das sementes de arroz. Esse resultado também foi verificado por Almeida et al. (2015) onde trabalhando com sementes de arroz da cultivar Puitá INTA CL concluiu que o inseticida tiametoxam não prejudica o desempenho fisiológico das sementes.

A porcentagem de plântulas anormais foi superior no substrato papel com os tratamentos químicos TQ1, TQ2, TQ3 e TQ4, no substrato papel + vermiculita com

tratamento TQ2 e em papel + areia com os tratamentos TQ1 e TQ2. Em relação a porcentagem de sementes mortas verificou-se que o substrato areia em bandeja mostrou um elevado percentual em todos os tratamentos químicos testados, verificado pela cor verde no gráfico (tendendo a 1 no row Z – score). Esse resultado pode estar atrelado a condensação de água sobre a bandeja dentro do germinador, podendo assim ter influenciado a elevada quantidade de sementes mortas.



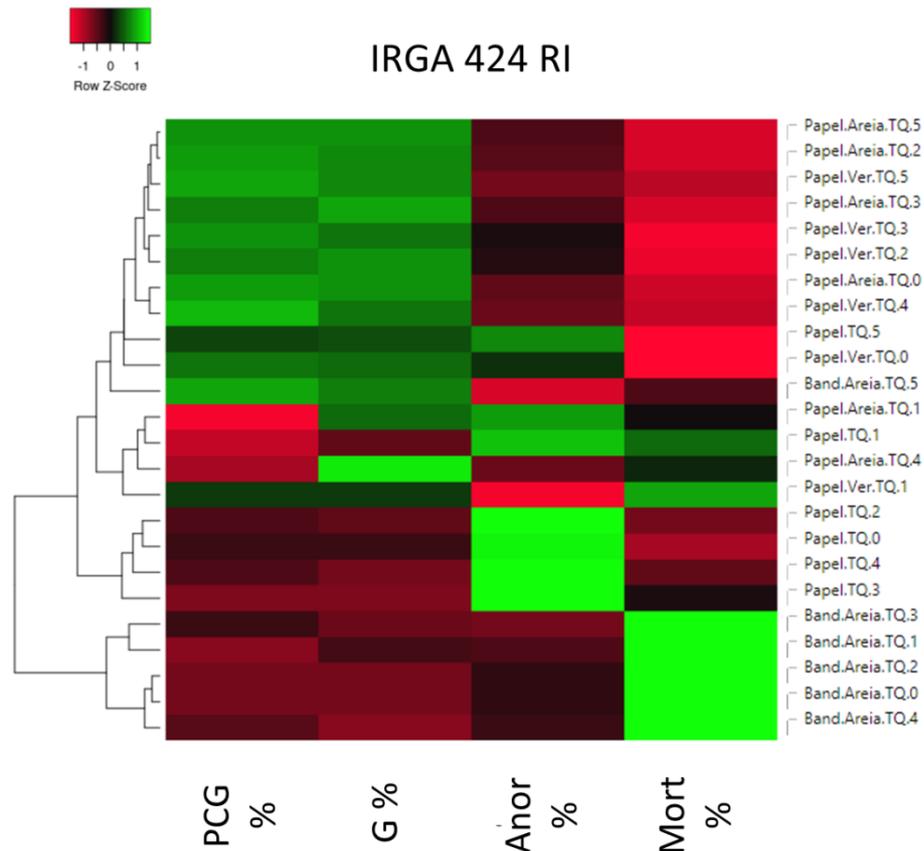
**Figura 3** - Primeira contagem da germinação (PCG %), germinação (G%), plântulas anormais (Anorm %) e sementes mortas (Mort %) agrupadas em função de diferentes substratos e tipos de tratamentos químicos para a cultivar Puitá INTA CL. Pelotas, UFPel, 2021.

Já a cultivar IRGA 424 RI apresentou os maiores valores de PCG nos substratos papel + vermiculita nos tratamentos químicos TQ0, TQ2, TQ3, TQ4 e TQ5, no substrato papel + areia nos tratamentos TQ0, TQ2, TQ3 e TQ5 e para areia em bandeja no tratamento TQ5. Além disso, a porcentagem de germinação ao final dos 14 dias foi superior também no substrato papel + areia nos tratamentos químicos TQ1 e TQ4.

Todos os tratamentos químicos juntamente com o substrato papel apresentaram o maior número de plântulas anormais, assim como o tratamento químico TQ1 junto ao substrato papel + areia. Já o substrato areia em bandeja foi o que mais apresentou sementes mortas, principalmente com a utilização dos tratamentos químicos TQ0, TQ1, TQ2, TQ3, e TQ4 e o tratamento químico TQ1 também foi bastante prejudicial nos substratos papel e papel + vermiculita.

Pode-se verificar que para primeira contagem da germinação e germinação o tratamento químico TQ2 foi eficiente para ambas as variáveis, sendo que esse tratamento foi composto pelo inseticida tiametoxam. Grohs et al. (2012) avaliaram o efeito de tiametoxam sobre o estabelecimento inicial e o desempenho agrônomo de cultivares de arroz IRGA 424 e 425, nos sistemas de cultivo irrigado e pré-germinado. Os autores verificaram que o tiametoxam não afetou negativamente nenhuma das cultivares e ainda estimulou o perfilhamento das cultivares nos dois sistemas de cultivo. Diante do exposto, é importante ressaltar que, tratando-se de diferentes tratamentos e cultivares de arroz, pode-se levar em consideração os parâmetros genéticos de cada cultivar.

Almeida et al. (2011) trabalhando com sementes de arroz da cultivar IRGA 424 tratadas com tiametoxam verificaram que, esse inseticida tem grande importância para a cultura do arroz. Os autores ainda trazem que em condições de campo, sementes de arroz podem apresentar germinação baixa, lenta, irregular, e conseqüentemente com uma emergência de plântulas desuniforme, e o produto age como um potencializador, permitindo a expressão do potencial germinativo das sementes, acelerando o crescimento das raízes e aumentando a absorção de nutrientes pela planta. Essas características do tiametoxam aliadas à sementes de alta qualidade genética e fisiológica podem potencializar a capacidade produtora da cultura.

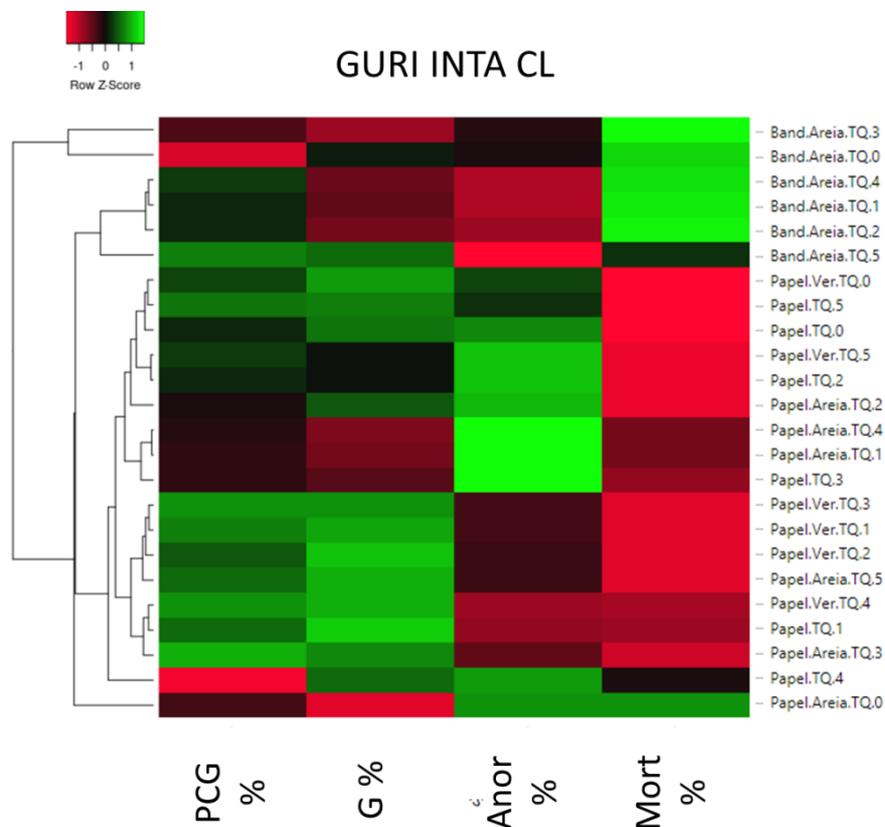


**Figura 4** - Primeira contagem da germinação (PCG %), germinação (G%), plântulas anormais (Anorm %) e sementes mortas (Mort %) agrupadas em função de diferentes substratos e tipos de tratamentos químicos para a cultivar IRGA 424 RI. Pelotas, UFPel, 2021.

E por fim, a cultivar GURI INTÁ CL obteve os maiores valores de primeira contagem de germinação e germinação nos substratos: areia em bandeja com o uso do tratamento químico TQ5, no papel com os tratamentos TQ0, TQ1 e TQ5, no papel + areia com os tratamentos TQ3 e TQ5 e no papel + vermiculita em todos os tratamentos químicos, exceto no TQ5. Ainda pode-se verificar, analisando os substratos e tratamentos estudados, que o substrato areia em bandeja no TQ0 mostrou uma porcentagem de germinação para PCG de 65% evidenciado pela cor vermelha no gráfico. Dessa forma, verificou-se um acréscimo de germinação de PCG para G no substrato areia em bandeja no tratamento TQ0 de 22%, pois na germinação aos 14 dias essa cultivar apresentou 87%.

As plântulas anormais foram mais abundantes nos substratos papel para os tratamentos químicos TQ0, TQ2, TQ3 e TQ4, no papel + areia com tratamentos TQ0, TQ1, TQ2 e TQ4 e no papel + vermiculita apenas quando utilizado o

tratamento TQ5. E as sementes mortas foram encontradas apenas no substrato areia em bandeja independente do tratamento químico utilizado.



**Figura 5** - Primeira contagem da germinação (PCG %), germinação (G%), plântulas anormais (Anorm %) e sementes mortas (Mort %) agrupadas em função de diferentes substratos e tipos de tratamentos químicos para a cultivar Guri INTA CL. Pelotas, UFPel, 2021.

Alguns trabalhos com substratos alternativos no teste de germinação em sementes tratadas com diferentes princípios ativos já estão disponíveis na literatura, e vem evidenciando resultados positivos com o inseticida tiametoxam. Tunes et al. (2020) trabalhando com substratos alternativos em sementes de soja verificaram que o tratamento de sementes com o inseticida tiametoxam auxiliou de forma positiva o processo germinativo, independente do substrato utilizado e o número de sementes testados e que o tratamento a base de Fludioxonil + metalaxil-M (fungicida) proporcionou a maior quantidade de plântulas normais no teste de germinação, para os substratos papel e papel + vermiculita, independente do número de sementes utilizados.

As instruções para o teste de germinação de sementes nas Regras para Análise de Sementes muitas vezes não são adequadas para sementes tratadas, por isso, a necessidade de aperfeiçoamento da metodologia para garantir um resultado confiável do laboratório de análise de sementes, pela importância do teste para comercialização (TUNES et al. 2020).

Através dos resultados obtidos em relação aos substratos utilizados, a germinação em areia que é uma das metodologias indicadas pelas RAS, não foi a mais eficiente, levando em consideração que esses resultados também podem estar atribuídos aos tratamentos aplicados, que por sua vez, esses podem ter ocasionado algum efeito negativo nas sementes e conseqüentemente reduzindo a porcentagem de germinação. Tratando-se da utilização desse substrato, para essa variável, é importante ressaltar que, o uso de bandejas com areia em laboratórios de análise de sementes, ocupa bastante espaço, e também demanda de uma quantidade de areia elevada e conseqüentemente o trabalho é mais oneroso para os analistas. Dessa forma, é bastante interessante a utilização de areia e vermiculita entre o papel germitest, pois dessa forma, a demanda por substrato é conseqüentemente menor.

Também foi possível verificar que o substrato papel (sem a adição de areia e vermiculita) foi eficaz em todas as cultivares testadas, contrapondo assim Nascimento et al. (1996), que trazem que sementes de milho tratadas e semeadas em papel germitest geralmente podem apresentar problemas, como anomalias em plântulas e retardamento da germinação das sementes.

Em relação aos tratamentos aplicados, observou-se que ocorreu médias inferiores de primeira contagem de germinação para a cultivar Guri INTA CL no tratamento químico TQ4, mostrando média de 82% no substrato papel. Já no substrato areia em bandeja para essa mesma cultivar no tratamento TQ0 mostrou 65% e TQ3 69%. Para a cultivar Epagri 106, de uma maneira geral apenas o tratamento químico TQ2 apresentou porcentagem de germinação inferior (76%), para Irga 424 RI TQ0, TQ1, TQ2 e TQ4 diferiram dos demais e para Puitá INTA CL a menor média foi observada no T4 com (84%), mostrando que esses tratamentos aliados ao substrato areia em bandeja reduziram significativamente a germinação das sementes de arroz em relação aos demais substratos utilizados.

#### **4.4. Conclusões**

De uma maneira geral o substrato papel + areia e papel + vermiculita são eficazes no teste de germinação em sementes de arroz tratadas para as cultivares testadas; o substrato areia indicado pelas RAS não foi eficiente para expressar a qualidade fisiológica das sementes, apresentando a maior porcentagem de plântulas anormais e sementes mortas nos diferentes tratamentos para todas as cultivares, mostrando de certa forma um indicio que a areia isolada não é um bom substrato para analisar sementes de arroz tratadas quimicamente.

## **5. Capítulo IV - Expressão isoenzimática e desempenho de plântulas oriundas de sementes de arroz tratadas e germinadas em diferentes substratos**

### **5.1. Introdução**

A produtividade do arroz pode ser negativamente afetada por uma série de estresse bióticos e abióticos os quais alteram o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Em geral, vários fatores ambientais, incluindo salinidade, seca, temperatura extrema, toxicidade de metal, poluentes de ar, altas doses de pesticidas, bem como ataque de patógenos podem levar ao estresse oxidativo em plantas. O estresse oxidativo é causado pelos efeitos diretos do estresse ambiental ou pela geração e acumulação de espécies reativas de oxigênio (XIE et al., 2019). Esses estresses conduzem a uma série de mudanças moleculares, bioquímicas, fisiológicas, este conjunto, pode promover expressivas alterações na estrutura morfológica, causando danos irreparáveis aos vegetais, reagindo com seu potencial genético e limitando seu crescimento, reprodução e produtividade (GILL; TUJETA, 2010).

Tratando-se do ataque de patógenos, é de extrema importância enfatizar que o uso de produtos químicos pode atenuar a incidência de microorganismos na fase inicial da cultura. O tratamento de sementes ajuda a reduzir a infecção de patógenos e, portanto, melhoram a condição das plantas desde os estágios iniciais de desenvolvimento, todavia, alguns produtos podem provocar impactos além de sua função básica de proteção (RADZIKOWSKA et al., 2020).

Diante dos princípios ativos utilizados no tratamento de sementes o tiametoxam é um exemplo de inseticida que tem demonstrado efeito positivo no desempenho fisiológico e acúmulo de fitomassa em diferentes espécies (ALMEIDA et al., 2011; LAUXEN et al., 2010; BORGES et al., 2015). Este produto tem propriedades que ativam determinadas reações fisiológicas, como a expressão de algumas proteínas, as quais interagem com vários mecanismos de defesa contra estresses da planta, permitindo que ela enfrente melhor condições adversas. Não

obstante, favorece o desenvolvimento mais rápido da planta, permitindo melhor desempenho fisiológico de sementes de arroz (ALMEIDA et al., 2011).

Além dos efeitos observados no desempenho fisiológico das sementes, a infecção por microrganismos pode promover também, alterações nos padrões de certas enzimas, o que pode ser atribuído ao próprio processo de deterioração da semente, sendo este um fenômeno que ocorre durante a vida da semente (EBONE et al., 2019). Segundo Delouche e Baskin (1973), a atividade enzimática pode indicar transformações degenerativas em plântulas,

Atualmente existem várias técnicas que avaliam a qualidade da semente tratada com produtos químicos. A eletroforese de isoenzimas permite avaliar não só a qualidade fisiológica de sementes, mas também as regulações gênicas e bioquímicas (ISTA, 1992). As isoenzimas são variações de uma certa enzima na sequência de aminoácidos que catalisam a mesma reação química (TUNES et al., 2011), e dentre as relacionadas com a qualidade fisiológica das sementes as mais pesquisadas são esterase, fosfatase ácida, desidrogenase e transaminases (CARVALHO et al., 2000).

As isoenzimas são altamente influenciadas pelo ambiente onde as plantas são cultivadas (MALONE et al. 2007), sendo importantes para a avaliação do vigor das sementes sobre diferentes condições do meio (HENNING et al. 2010, VEIGA et al. 2010). Além disso, catalisam reações envolvidas na produção de energia (VEIGA et al. 2010), na defesa contra estresses ambientais, sejam bióticos ou abióticos.

Quanto ao tratamento de sementes com diferentes produtos químicos, algumas pesquisas atuais reforçam que inseticidas sintéticos podem causar estresse, podendo influenciar no estresse oxidativo e no mecanismo de defesa antioxidante celular em sua possível toxicidade ou não. Ainda, o teste de germinação pode vir a reprovar lotes, que se levados ao campo, podem apresentar desempenho satisfatório. Este comportamento das sementes é devido a peculiaridades do teste, que ao depositar as sementes sobre papel germitest concentra produto químico na superfície da semente, podendo causar toxicidade as plântulas, e no solo, este mesmo se dissipa. O tamanho das plântulas é um dos quesitos de normalidade, portanto, pode vir a comprometer o resultado do teste (XAVIER, et al. 2020).

Considerando a importância do tratamento fitossanitário de sementes, o trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho das plântulas de arroz através da utilização de substratos alternativos, avaliando o comprimento e a expressão isoenzimática em plântulas, obtidas do teste de germinação.

## 5.2. Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel).

Esse estudo foi realizado utilizando-se de fungicida e inseticidas e/ou combinação destes e também foi utilizado um tratamento testemunha, que foram as sementes não tratadas (Tabela 16). Foram usados produtos a base de Fludioxonil (25) +metalaxil-M (10) (TQ1), Tiametoxam (350) (TQ2), Piraclostrobina (25) +tiofanato-metílico (225) +fipronil (250) (TQ3), uma mistura de Tiametoxam (350) +fludioxonil (25) +metalaxil-M (10) (TQ4) e Imidacloprido (150) +tiodicarbe (450) (TQ5). Esses ingredientes ativos correspondem respectivamente a produtos comerciais como Maxim XL, Cruiser 350 FS, Standak Top, mistura de Cruiser 350 FS + Maxim XL e Cropstar.

**Tabela 16** - Classes, doses e modo de ação de produtos químicos utilizados no tratamento de sementes de arroz. UFPel, 2021.

Tratamento	Classe	Doses mL/Kg	Modo de ação
TQ0	Sem tratamento	-	-
TQ1	fungicida	200	sistêmico+contato
TQ2	inseticida	400	Sistêmico
TQ3	inseticida+fungicida	250	sistêmico+contato+protetor
TQ4	inseticida+fungicida	400+200	sistêmico+sistêmico e contato
TQ5	inseticida	7,5	Sistêmico

A cultivar utilizada foi a IRGA 424 RI com germinação de 83% e o tratamento das sementes foi realizado em tratadora comercial da marca MECMAC, utilizando-se

uma rotação de 60 rpm. As sementes foram depositadas no interior da tratadora e os produtos foram aplicados em suas determinadas doses, juntamente com água para completar o volume de calda. As doses dos produtos utilizados foram:

As doses utilizadas sempre foram as maiores doses recomendadas para a cultura e o volume de calda calculado foi de 13 mL para cada 500 gramas de sementes de arroz.

Posteriormente, a tratadora foi ligada, e as sementes foram agitadas por 3 minutos, sendo 1 minuto em posição vertical e 2 em posição inclinada, para melhor recobrimento das sementes. Após esse período, foram postas em sacos plásticos abertos e deixadas em temperatura ambiente por 24 horas, e posterior disposição das mesmas nos substratos areia (bandejas) e papel germitest. O substrato de papel foi umedecido com água destilada em quantia equivalente a 2,0 vezes o seu peso e para o substrato areia foi calculada sua capacidade de campo, sendo utilizado 1,800 kg de areia e 300 ml de água por bandeja e então foram dispostas 50 sementes por rolo e 50 por bandeja no caso de germinação em areia. Os rolos então formados, e as bandejas, foram colocados em germinador à temperatura pré-estabelecida conforme os objetivos de avaliação (25°C,) com fotoperíodo de doze horas, durante quatorze dias (BRASIL, 2009). O teste de germinação foi realizado um dia após tratamento das sementes sendo testadas combinações de substratos como areia e vermiculita (entre papel), sendo estas devidamente umedecidas antes de serem depositadas no papel.

O comprimento de plântulas foi determinado aos cinco dias após a instalação do teste, sendo este realizado com quatro subamostras de 20 sementes de cada tratamento. As sementes foram distribuídas no sentido longitudinal do papel germitest<sup>®</sup>, e os rolos foram acondicionados em germinador a um ângulo de 45°, com temperatura a 25°C. As medições do comprimento das plântulas foram realizadas em dez plântulas normais, de cada rolo no quinto dia após a semeadura (NAKAGAWA, 1999).

Para a análise isoenzimática foram coletadas dez plântulas de cada tratamento e então maceradas em gral de porcelana, separadamente parte aérea e raiz. De cada uma das amostras, 200 mg do extrato vegetal foram colocados em tubo *ependorf* acrescidos de solução extratora (tampão do gel + 0,15% de 2-mercaptoetanol) na proporção 1:2 (p/v). A eletroforese foi realizada em géis de

poliacrilamida 7%, colocando 20 µL de cada amostra, em orifícios feitos com o auxílio de um pente de acrílico. Três aplicações (repetições) para cada uma das amostras foram realizadas. Os padrões enzimáticos foram analisados pelo sistema de tampões, descrito por Scandalios (1969). Os géis foram colocados em cubas eletroforéticas verticais mantidas em câmara fria com temperatura entre 4 e 6°C. As migrações eletroforéticas foram realizadas com uma diferença de potencial de 10 V cm, até que a linha de frente formada pelo azul de bromofenol atingisse 9 cm do ponto de aplicação. Os géis foram revelados, para os sistemas enzimáticos glutamato oxalacetato transaminase (GOT), fosfatase ácida (FAC), esterase (EST), peroxidase (PO) e malato desidrogenase (MDH) conforme Scandalios (1969) e Alfenas (1998). Os géis de eletroforese foram fixados em solução 5:5:1, de água destilada: metanol ácido acético. Para a interpretação dos resultados procedeu-se a análise visual dos géis, considerando a presença/ausência, bem como a intensidade de cada uma das bandas eletroforéticas, comparando-se os diferentes tratamentos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições estatísticas em um esquema fatorial (4 x 6), sendo 4 substratos e 6 tratamentos. Após a tabulação dos dados de comprimento de plântulas, foram submetidos à análise de variância, seguido de comparações de médias pelo teste e Tukey em nível de probabilidade de 5%, utilizando-se do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2014) e para a análise isoenzimática a interpretação dos resultados foi baseada na análise visual dos géis de eletroforese, levando em consideração a presença ou ausência, assim como a intensidade de expressão de cada banda eletroforética.

### **5.3. Resultados e Discussão**

De acordo com a (Tabela 2), considerando os resultados da análise de variância, observou-se que ocorreu efeito significativo entre os fatores testados (substratos e tratamentos químicos) para as três variáveis testadas, comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total (CT).

**Tabela 17** - Resumo da análise de variância (ANOVA) para comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total (TOTAL) de plântulas de arroz derivadas de sementes tratadas com diferentes princípios ativos.

Fatores	GL	CPA (QM)	CR (QM)	TOTAL (QM)
Substrato	3	25,58*	144,71*	62,05**
Trat. Químico (TQ)	5	2,97*	14,69*	14,15**
S x TQ	15	2,3*	3,24*	6,97**
Resíduo	72	0,16	0,387	0,64
CV	-	7,89	10,37	7,22

\*\*Significativo a 1% de probabilidade (P<0.01); \*significativo a 5% de probabilidade (P<0.05); QM = quadrado médio; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; QM = quadrados médios; P = períodos; S = substratos; TQ = tratamento químico.

Os testes de vigor podem ser empregados pelas empresas produtoras de sementes, no controle interno de qualidade, testes que avaliam o crescimento de plântulas são testes sugeridos pelas duas associações mundiais que congregam tecnologistas de sementes (AOSA - *Association of Official Seed Analysts/ISTA - International Seed Testing Association*), pois o tamanho das plântulas pode ser um critério de anormalidade no teste de germinação. O surgimento da radícula indica a conclusão da germinação das sementes (SHU et al., 2016).

Na (Tabela 18) estão apresentados os dados referentes ao comprimento de plântulas, observou-se que para comprimento de parte aérea (CPA) em função dos substratos testados (letras maiúsculas) o substrato areia mostrou efeito significativo em alguns tratamentos chegando a 8,26 cm no TQ4, tratamento esse que continha Tiametoxam + fludioxonil + metalaxil-M, ou seja, mistura de inseticida e fungicida no tratamento das sementes. Para tratamentos (letras minúsculas), verificou-se que não ocorreu diferenças significativas em nenhum tratamento para os substratos papel e + papel + vermiculita, entretanto o substrato areia foi significativo ao longo dos tratamentos, sendo os tratamentos TQ1 e TQ4 superiores para esse substrato. Esse efeito superior do comprimento de plântulas no substrato areia pode estar atrelado as sementes serem semeadas em bandejas contendo areia, onde dispostas dentro dos germinadores obtiveram luminosidade adequada da parte superior, fazendo dessa forma com que as plântulas tivessem um melhor desempenho. Esse desempenho superior do TQ4 corrobora com resultados encontrados por Almeida et al. (2016) onde avaliando o desempenho de sementes de arroz tratadas com inseticidas e fungicidas encontraram que a mistura de Tiametoxam + fludioxonil + metalaxil-M foi superior aos demais tratamentos na avaliação de comprimento de plântulas.

Para comprimento de raiz (CR), pode-se observar um resultado contrário ao (CPA) em relação ao substrato, pois o substrato areia mostrou as menores médias para essa variável. Os substratos papel + areia e papel + vermiculita mostraram efeito significativo em função dos tratamentos testados, exceto TQ3 e TQ5 no substrato papel + vermiculita. Dessa forma, pode-se dizer que o incremento de areia sobre o papel germitest foi eficaz, fazendo com que as plântulas provenientes de sementes de arroz tratadas conseguissem expressar um maior comprimento de raízes. Já para tratamentos (letras minúsculas), verificou-se que os substratos areia e papel + areia mostraram uma variação estatística maior em função dos tratamentos aplicados, sendo que para o substrato areia TQ5 apresentou a menor média com 2,63 cm de parte radicular, não diferindo de T3 com 3,71 cm e de TQ0 com 3,77 cm e para papel + areia TQ2 mostrou a menor média de comprimento de raiz com 5,80 cm diferindo apenas dos tratamentos TQ3 e TQ4.

Já para variável comprimento total (CTOTAL), verificou-se que o substrato papel + areia foi significativo em relação aos demais substratos em todos os tratamentos testados, chegando a um comprimento total de plântula de 14,62 cm no TQ5. Também pode-se constatar que o substrato papel apresentou médias inferiores aos demais substratos testados em função dos tratamentos aplicados, exceto no TQ5, pois o substrato areia nesse tratamento mostrou uma média de 8,09 cm. Já para os tratamentos testados (letras minúsculas) verificou-se que a maior variação estatística ocorreu no substrato areia e papel + areia, sendo que em areia o TQ2, TQ3 e TQ5 mostraram resultados inferiores aos demais e para papel + areia TQ0, TQ1, TQ2 e TQ4 não diferiram.

O tratamento TQ4 (mistura de fungicida e inseticida) mostrou-se eficaz em relação aos demais tratamentos, evidenciando que misturas de produtos químicos não necessariamente afetam negativamente o crescimento das plântulas. Segundo Castro e Pereira (2008), o inseticida tiametoxam demonstra efeito positivo como o aumento da expressão do vigor, acúmulo de fitomassa, alta taxa fotossintética e raízes mais profundas.

**Tabela 18** - Comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total (CTOTAL) em (cm) de plântulas de arroz derivadas de sementes tratadas com diferentes princípios ativos. Pelotas, UFPel, 2021.

<b>CPA (cm)</b>				
	<b>PAPEL</b>	<b>AREIA</b>	<b>PAPEL+AREIA</b>	<b>PAPEL+VERMICULITA</b>
<b>TQ0</b>	3,43Ca	6,58Ab	4,79Bb	5,0Ba
<b>TQ1</b>	3,90Da	7,72Aa	5,88Ba	5,0Ca
<b>TQ2</b>	3,84Ba	4,67Ac	5,13Aab	4,98Aa
<b>TQ3</b>	3,87Ca	5,00Bc	5,81Aa	5,15ABa
<b>TQ4</b>	3,60Ca	8,26Aa	5,60Bab	5,47Ba
<b>TQ5</b>	4,15Ba	5,45Ac	5,38Aab	4,80ABa

<b>CR (cm)</b>				
	<b>PAPEL</b>	<b>AREIA</b>	<b>PAPEL+AREIA</b>	<b>PAPEL+VERMICULITA</b>
<b>TQ0</b>	6,27Aa	3,77Bbc	6,97Ab	6,29Abc
<b>TQ1</b>	5,72Aa	4,19Bb	6,85Ab	6,60Abc
<b>TQ2</b>	4,14Bb	4,23Bb	6,11Ab	5,8Ac
<b>TQ3</b>	5,21Cab	3,71Dbc	8,66Aa	7,23Bab
<b>TQ4</b>	6,13Ba	5,85Ba	7,30Ab	8,26Aa
<b>TQ5</b>	5,85Ba	2,63Cc	9,24Aa	7,00Babc

<b>TOTAL (cm)</b>				
	<b>PAPEL</b>	<b>AREIA</b>	<b>PAPEL+AREIA</b>	<b>PAPEL+VERMICULITA</b>
<b>TQ0</b>	9,71Ba	10,35Abc	11,76Ac	11,33Ab
<b>TQ1</b>	9,62Bab	11,91Ab	12,74Ac	11,64Ab
<b>TQ2</b>	7,98Bb	8,91Bcd	11,25Ac	10,78Ab
<b>TQ3</b>	9,08Cab	8,75Ccd	14,47Aab	12,39Bab
<b>TQ4</b>	9,73Ba	14,11Aa	12,90Abc	13,74Aa
<b>TQ5</b>	10,01Ca	8,09Dd	14,62Aa	11,81Bb

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, comparando os substratos dentro de cada tratamento químico e letra minúscula na coluna comparando tratamentos dentro de cada substrato, ambos pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Da análise dos cinco sistemas isoenzimáticos utilizados para avaliar os efeitos dos diferentes produtos e substratos utilizados no trabalho, foi possível visualizar que houve variação significativa na intensidade da expressão isoenzimática conforme ocorre a mudança dos tratamentos e substratos testados (Figuras 6, 7, 8 9 e 10). Os padrões dos cinco sistemas isoenzimáticos analisados apresentaram variações na expressão e número de alelos.

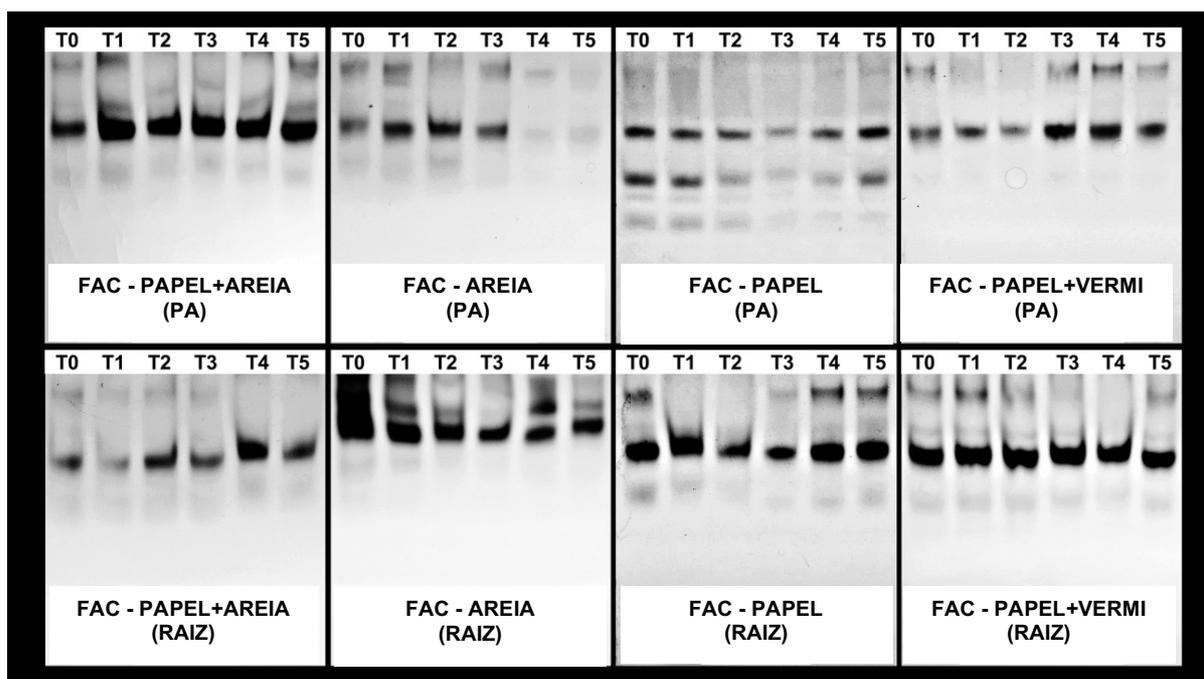
Analisando os perfis eletroforéticos do sistema isoenzimático Fosfatase Ácida - FAC (Figura 6), observou-se para a parte aérea das plântulas de arroz (PA) que a intensidade da expressão da enzima FAC ocorreu em diferentes alelos em função dos substratos utilizados, mostrando para o substrato papel expressão dessa isoforma em dois alelos diferentes. Contudo, o primeiro alelo nesse substrato

apresentou expressão praticamente constante em todos os tratamentos testados sendo, portanto, um alelo constitutivo desta enzima. Foi possível observar também, que para o substrato papel + areia o primeiro alelo expressou FAC em todos os tratamentos testados em uma intensidade mais forte.

Para raiz observou-se que ocorreu expressão da enzima FAC em pelo menos dois alelos em todos os substratos testados, exceto papel + areia. Ainda foi possível verificar que a intensidade da expressão de FAC foi mais baixa no substrato papel + areia em praticamente todos os tratamentos testados (exceto TQ4), podendo esse resultado estar atrelado a presença de areia sobre o papel germitest. Esse resultado contrapõe ao resultado encontrado na parte aérea das plântulas (PA), sendo que na parte aérea nesse substrato encontrou-se a maior intensidade de expressão dessa enzima.

Segundo Pedó (2016), essa enzima participa da hidrólise de ésteres, podendo atuar sobre o sistema de membranas celulares, afetar a atividade respiratória pela peroxidação de lipídios insaturados nas membranas mitocondriais e mantém relação com o processo de deterioração em sementes.

Ainda Camargo et al. (2000) trazem que a fosfatase ácida está envolvida na manutenção do fosfato celular, e é capaz de clivar ésteres de fosfato, transformando o fosfato da forma orgânica para a forma inorgânica. Esta enzima pode, sob certas condições, estar envolvida na mobilização de reservas de nutrientes da planta, no transporte ativo de açúcares e outros compostos através da membrana, na diferenciação de plastídeos ou ainda no processo de senescência (BRESEGHELO et al. 1992).



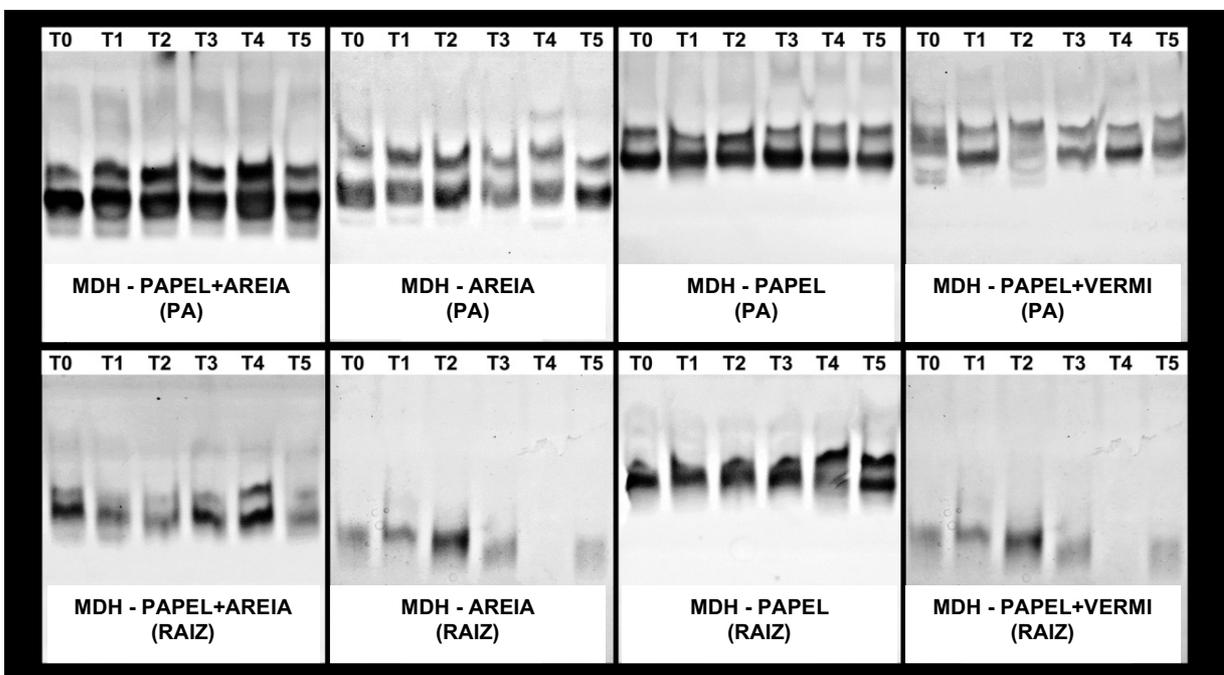
**Figura 6** - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Fosfatase ácida de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

No padrão eletroforético do sistema malato desidrogenase - MDH (Figura 7) foram observados pelo menos dois alelos de MDH em todos os substratos e tratamentos testados na parte aérea (PA) das plântulas. Para os substratos papel + areia e papel, observou-se que o segundo alelo teve uma maior intensidade em todos os tratamentos utilizados, desta forma pode-se dizer que esses dois substratos podem ter proporcionado maior expressão dessa enzima na parte aérea das plântulas de arroz. Tratando-se de plântulas coletadas aos cinco dias após a instalação do teste de germinação, esses resultados corroboram com a hipótese de Malone et al. (2007) que dizem que uma maior expressão da enzima MDH esta associada com a síntese de novos tecidos nos estádios iniciais do desenvolvimento das plântulas.

Na raiz das plântulas de arroz, observou-se que essa enzima também teve uma maior intensidade nos substratos papel + areia e papel, variando a intensidade de expressão em função dos tratamentos aplicados. Ainda é possível verificar que os tratamentos TQ1 e TQ2 no substrato areia tiveram sua intensidade reduzida, contrapondo dessa forma o substrato papel, onde nesses respectivos tratamentos mostraram intensidade acentuada. Pode-se dizer que o alelo de MDH no substrato papel (sem adição de areia e vermiculita) obteve uma expressão constitutiva. De certa forma, a adição de substratos como areia e vermiculita entre papel podem ter

afetado e conseqüentemente reduzindo a expressão de MDH na parte radicular das plântulas de arroz derivadas de sementes de tratadas com diferentes princípios ativos.

O sistema isoenzimático MDH ocorre tanto na matriz mitocondrial como no citoplasma das células. Nas mitocôndrias atua nas duas reações finais do ciclo do ácido cítrico, o fumarato é hidratado para produzir malato, que é subseqüentemente oxidado pela MDH, para regenerar Oxaloacetato (OAA) e produzir outra molécula de NADH. A produção de OAA pode reagir com outro acetil-CoA e continuar o ciclo, o NADH produzido será oxidado na fosforilação oxidativa para produção de ATP (TAIZ; ZEIGER 2013).



**Figura 7** - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático (MDH) Malato desidrogenase de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

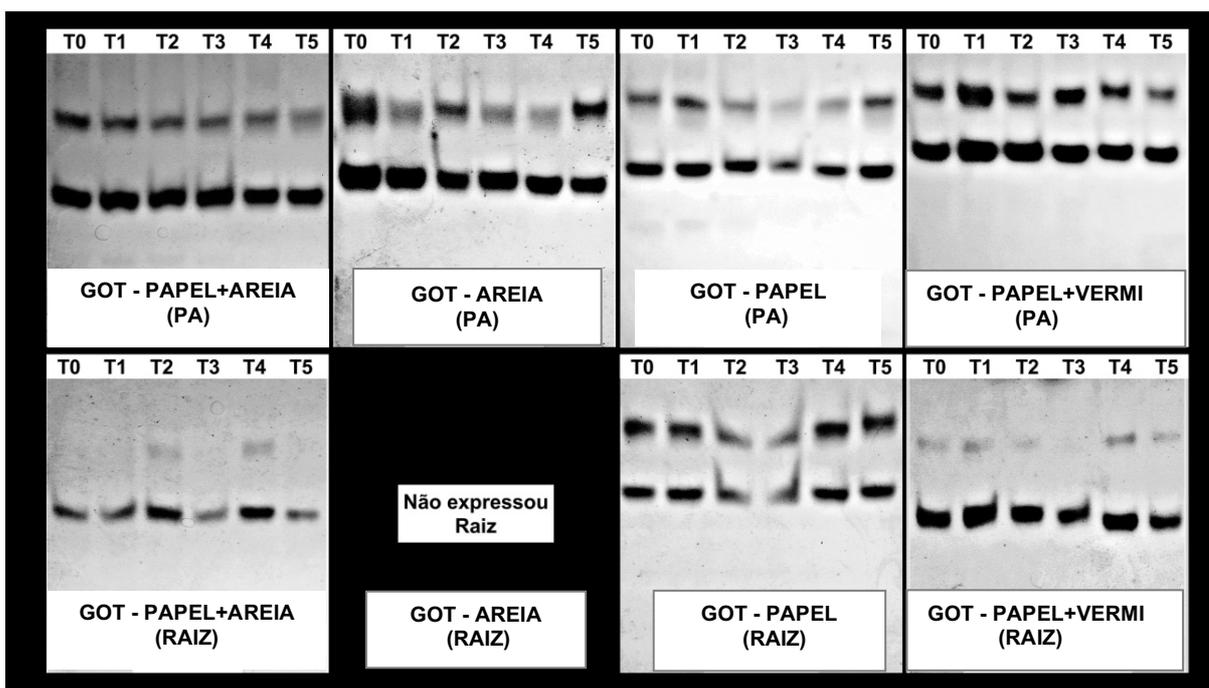
Na Figura 8 analisando o perfil da enzima glutamato oxalacetato - GOT, observou-se dois alelos de GOT em todos os substratos e tratamentos testados na parte aérea das plântulas de arroz (PA). Para parte aérea, observou-se que o segundo alelo apresentou uma maior intensidade, expressando-se de forma constitutiva em todos os tratamentos e substratos analisados, já o primeiro alelo mostrou variações em sua intensidade, mostrando uma maior expressão dessa

enzima no TQ0 e TQ5 para o substrato areia e em TQ1, TQ2 e TQ3 no substrato papel + vermi.

Para a parte radicular das plântulas de arroz (Raiz), observou-se que não ocorreu expressão de GOT no substrato areia e também, verificou-se presença de dois alelos apenas no substrato papel, sendo que o primeiro alelo nesse substrato mostrou intensidade de expressão em todos os tratamentos testados, podendo-se atribuir que os demais substratos não foram favoráveis para a expressão do alelo 1, mostrando assim, de certa forma eficiência do substrato papel para expressão desse alelo em questão.

Segundo VIEIRA et al. (2009) o aumento na expressão desta enzima é inversamente proporcional a qualidade das sementes, sendo responsável pela oxidação de aminoácidos, fornecendo energia para o Ciclo de Krebs ou redução do  $\alpha$ -cetoglutarato para a síntese de novos aminoácidos, como fonte de energia ao embrião em desenvolvimento.

Em função desta enzima estar diretamente envolvida no metabolismo do nitrogênio é possível que variações ocorram à medida que ocorra a síntese e a degradação de aminoácidos, durante o processo de germinação. Segundo BRUNES et al. (2016) variações apresentadas nesse sistema eletroforético, com o aumento ou intensidade da expressão dessa enzima, evidenciam decréscimo na qualidade da semente, confirmando os dados encontrados no trabalho e corroborando com os resultados obtidos para GOT, pois as sementes utilizadas nesse estudo obtiveram 82% de germinação.



**Figura 8** - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Glutamato oxalacetato transaminase de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

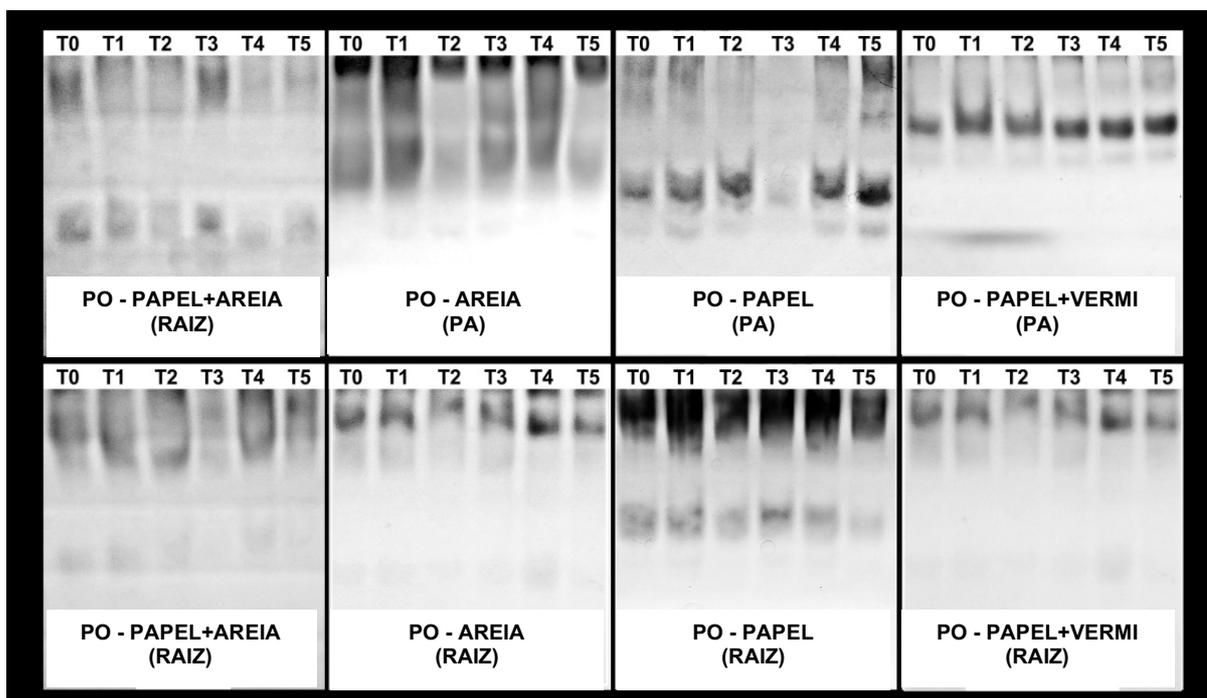
Analisando o perfil eletroforético do sistema isoenzimático Peroxidase – PO (Figura 9), observou-se variações na expressão e na intensidade dessa enzima tanto em parte aérea (PA) como parte radicular (Raiz) das plântulas de arroz. Para parte aérea, ocorreu redução da expressão de PO no substrato papel + areia e papel isolado em praticamente todos os tratamentos utilizados. No substrato papel + vermi, foi verificado um alelo de PO, sendo esse, expresso em todos os tratamentos testados, ou seja, de certa forma esse substrato foi efetivo para expressão desse alelo.

Para a parte radicular das plântulas de arroz (Raiz), verificou-se expressão de pelo menos um alelo de PO em todos os substratos e tratamentos testados, sendo que a maior intensidade de expressão foi constatada no substrato papel isolado e se mostrando constante ao longo dos tratamentos.

A peroxidase exerce um papel fundamental em limitar os efeitos gerados pelo peróxido de hidrogênio, precursor da peroxidação lipídica. A importância desta categoria em plantas de arroz foi notoriamente observada no estudo de BONIFÁCIO et al. (2011). De acordo com estes autores, os mutantes APX1/2s apresentaram uma homeostase redox alterada, como indicado pelo aumento dos níveis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e

dos estados de ascorbato e glutathiona redox. Rossi e Lima (2001) relatam que a indução na elevação da atividade da peroxidase pode ser mecanismo utilizado para a redução do nível de peróxido de hidrogênio, radical livre cujo acúmulo resulta na peroxidação de lipídeos, alterando a permeabilidade de membranas celulares.

Segundo Almeida (2012) a peroxidase é uma enzima envolvida em diversas reações, ligações polissacarídeos, cicatrização, ferimentos causados por patógenos, regulação e alongação de células.



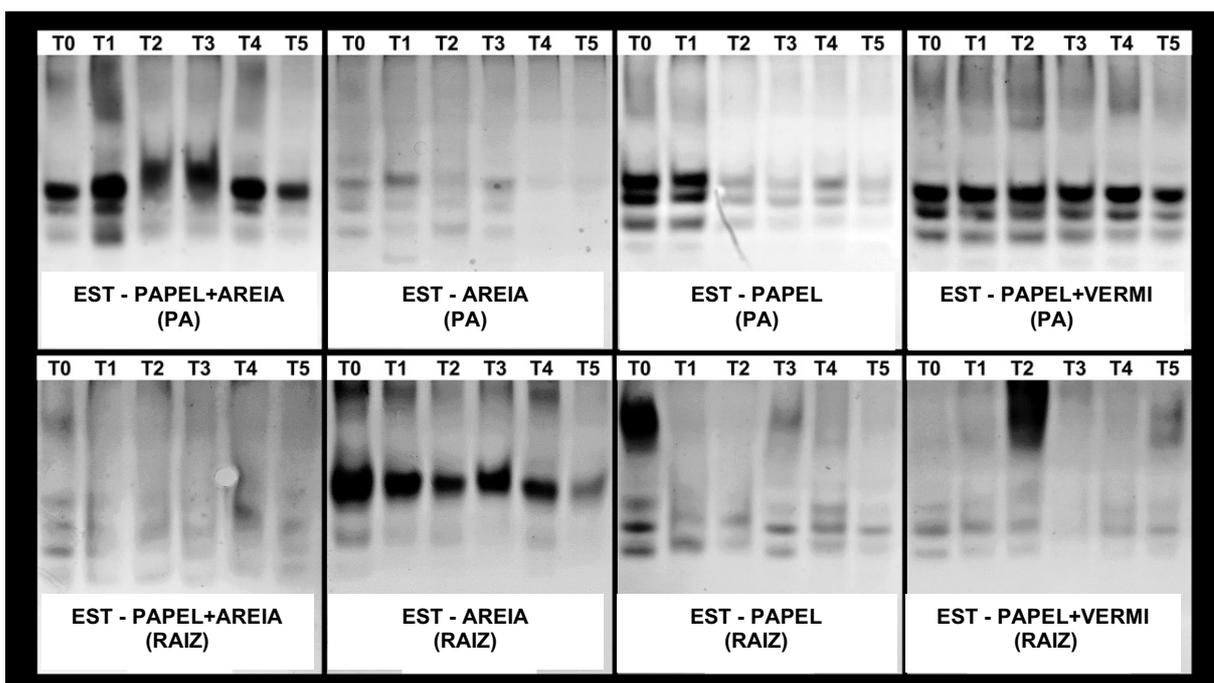
**Figura 9** - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático (PO) Peroxidase de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

Para esterase - EST (Figura 10), verificou-se diferenças na intensidade de expressão para parte aérea (PA) e parte radicular (Raiz). Na parte aérea das plântulas de arroz foi possível verificar pelo menos 3 alelos em todos os substratos e tratamentos testados, sendo que a expressão de EST variou consideravelmente em função dos tratamentos aplicados no substrato areia e em papel isolado. No substrato areia, esterase expressou-se numa intensidade muito baixa em todos os tratamentos e já em papel TQ0 e TQ1 mostrou expressão bem mais elevada do que os demais tratamentos, sendo o TQ0 (sem tratamento) e TQ1 composto por (Fludioxonil + metalaxil-M) fungicida com ação de contato e sistêmico. Nos demais

substratos como papel + areia e papel + vermi verificou-se para o primeiro alelo uma intensidade elevada em todos os tratamentos.

Na parte radicular (Raiz), observou-se um gradiente de expressão ao longo dos substratos testados, sendo que a maior intensidade de expressão foi verificada no substrato areia. Nos demais substratos EST apresentou-se numa intensidade menos elevada em alguns tratamentos. No substrato papel + areia a expressão dessa enzima na parte radicular das plântulas foi quase nula ao longo dos tratamentos.

O sistema isoenzimático Esterase é constituído por um complexo e heterogêneo grupo de enzimas reativas com uma ampla gama de substratos específicos (SCANDALIOS, 1969). As variantes destas proteínas encontradas em plantas, por exemplo, são geralmente monoméricas ou diméricas (WEEDEN; WENDEL, 1990), com um alto nível de variabilidade. Em razão disso, Esterase é um dos sistemas isoenzimáticos mais polimórficos em plantas (WEEDEN; WENDEL, 1990) e o mais estudado em arroz (ENDO; MORISHIMA, 1983). Ainda segundo Pedó et al. (2016) a alteração no padrão de expressão da isoenzima esterase pode resultar em modificações no sistema de membranas celulares e refletir na redução do vigor e no desempenho de sementes e plântulas, conforme ao observado pela redução da massa seca e do comprimento de parte aérea e de raiz.



**Figura 10** - Padrão eletroforético obtido com o sistema isoenzimático Esterase (EST) de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas com diferentes ingredientes ativos e semeadas em diferentes substratos. Pelotas, UFPel, 2021.

É de suma importância ressaltar que alterações na expressão e atividade de enzimas que compõe a maquinaria antioxidante ocorrem quando sementes e plântulas são colocadas a condições desfavoráveis. Quando este tipo de situação se faz presente, espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como o radical superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), radical hidroxila ( $OH^{\cdot}$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e oxigênio singleto ( $^1O_2$ ), são produzidos, promovendo sérias alterações a normalidade do metabolismo vegetal (KAR, 2011). Com o propósito de reduzir os efeitos do estresse oxidativo, as plantas apresentam um eficiente mecanismo antioxidante, composto por constituintes enzimáticos. A Superóxido dismutase (SOD) é reconhecida por catalisar a dismutação do radical superóxido em  $H_2O_2$  e  $O_2$ . As enzimas Catalase (CAT) e a ascorbato peroxidase (APX) agem na oxidação  $H_2O_2$ , transformando-o em  $H_2O$  e  $O_2$ . Este conjunto de eventos irá proporcionar uma importante defesa primária contra os radicais livres (GILL; TUTEJA, 2010; DAS; ROYCHOUDHURY, 2014).

Algumas alterações bioquímicas ocasionadas pelo uso de produtos via tratamento de sementes podem gerar alterações na atividade e expressão de enzimas que atuam não somente na atenuação de danos oxidativos, mas também diretamente sobre o metabolismo de moléculas que compõe a reserva energética

para atividades de crescimento. Em um estudo desenvolvido por ZHANG et al. (2020) a ocorrência de um desequilíbrio no balanço hormonal contribuiu para explicar o fato de as sementes revestidas com difenoconazol ou tebuconazol resultarem, mais provavelmente, na fitotoxicidade das plântulas de milho em condições de baixa temperatura durante a emergência.

O uso de determinados compostos também é associado a um melhor desempenho em plântulas de arroz. Ao relatar os benefícios ocasionados pelo tratamento de sementes com tiametoxam, AFIFI et al. (2015) relataram que estes benefícios puderam ser associados à ativação de genes necrófagos, que reduziram a acumulação de  $H_2O_2$  e os subsequentes danos causados pela peroxidação lipídica em plântulas de milho provenientes de sementes tratadas, mesmo quando expostas a ervas daninhas. Em um estudo conduzido por MACEDO et al. (2013), os autores relataram que o tratamento com tiametoxam não tem efeitos negativos na emergência, estabelecimento, características e rendimento das plântulas de arroz.

Efeitos benéficos, semelhante aos proporcionados por fitohormônios, têm sido constatados com a utilização de fungicidas e inseticidas. Em um estudo conduzido por DAL CORTIVO et al. (2017) em milho, o sedaxano – um fungicida com potencial comprovado em países da união européia - gerou efeitos semelhantes aos das auxinas e das giberelinas, efeitos esses que marcam alterações morfológicas e fisiológicas de acordo com um modelo de dose-resposta de saturação aproximada. Alterações ocasionadas com o uso do tratamento das sementes de arroz foram verificadas no presente estudo sobre a expressão de isoformas que atuam no metabolismo de importantes constituintes, independente da forma em que o teste de germinação foi conduzido.

Sobre alterações ocasionadas no metabolismo de constituintes da estrutura vegetal a partir da utilização de produtos químicos, MACEDO et al. (2013) verificaram que a utilização do tiametoxam em sementes de arroz afetou diretamente o metabolismo do nitrogênio presente no tecido vegetal, bem como as vias dos compostos fenólicos, ativando o metabolismo secundário das plantas quando o pesticida foi aplicado nas sementes.

Ainda sobre as alterações ocasionadas ao desempenho vegetal, DAL CORTIVO et al. (2017) constataram que os benefícios máximos em milho foram alcançados na dose intermédia de sedaxano, que aumentou significativamente o

comprimento das raízes (+60%), a área (+45%) e os “forks” (+51%), e reduziu o diâmetro das raízes em comparação com os controles sem tratamento. Ao aprofundar suas avaliações utilizando métodos bioquímicos de avaliação, estes mesmos autores constataram que sedaxano aumentou a atividade foliar e radicular da glutamina sintetase, resultando numa maior acumulação de proteínas, particularmente no compartimento acima do solo, enquanto a atividade do glutamato sintase se manteve praticamente inalterada.

Almeida (2012) trabalhando com expressão de isoenzimas durante o processo de germinação de sementes de feijão tratadas com tiametoxam, concluiu que o produto tiametoxam não afeta negativamente a expressão dos sistemas isoenzimáticos esterase, glutamato oxalacetato transaminase, fosfatase ácida e peroxidase.

#### **5.4. Conclusões**

Foi possível constatar que as plântulas oriundas no substrato areia + papel germitest apresentam maior comprimento total.

Para o sistema isoenzimático FAC, MDH foi possível observar que o substrato papel + areia foi eficaz para expressão dessas isoenzimas, para PO nesse mesmo substrato observou-se redução da expressão dessa enzima; para GOT não ocorreu expressão no substrato areia na parte radicular em nenhum dos tratamentos aplicados, e para EST a expressão variou consideravelmente em função dos tratamentos aplicados e no substrato areia, na parte aérea expressou-se numa intensidade muito baixa em todos os tratamentos e nos demais substratos como papel + areia e papel + vermiculita verificou-se para o primeiro alelo uma intensidade elevada em todos os tratamentos.

Para os sistemas isoenzimáticos, de uma maneira geral a adição de areia no papel germitest foi eficaz para a expressão das isoenzimas na parte aérea.

## **6. Considerações finais**

É de suma importância ressaltar que o teste de germinação indicado pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) (metodologia tradicional), não se mostra eficiente em todos os casos, quando são usadas sementes tratadas quimicamente. Importante enfatizar também que, através do uso do substrato areia, é necessário infra estrutura adequada e muitas vezes os laboratórios de sementes não as dispõem, somado ao fato de apresentado desempenho inferior que os outros substratos no presente trabalho.

Avaliando a possibilidade da aplicação de substratos alternativos entre o papel germitest verificou-se que a adição de areia ou vermiculita entre papel são eficazes para a germinação das sementes;

Utilizando-se de lotes com diferentes níveis de qualidade fisiológica verificou-se que aplicação do substrato areia ou do substrato vermiculita no papel germitest não afetou negativamente a germinação das sementes.

Já para cultivares o substrato papel + areia e papel + vermiculita foram eficazes no teste de germinação em sementes de arroz tratadas para todas as cultivares testadas.

Avaliando os diferentes sistemas isoenzimáticos em plântulas de arroz verificou-se, de uma maneira geral, que a adição de areia no papel germitest propicia condições para para uma maior expressão das isoenzimas, o que pode propiciar a formação de plantas com maior desenvolvimento.

Diante do exposto, recomenda-se a adoção dos substratos areia e vermiculita entre papel germitest como possíveis alternativas de ajustes metodológicos no teste de germinação de sementes de arroz tratadas com fungicidas e inseticidas.

## Referências Bibliográficas

AFIFI, M.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C. Thiamethoxam as a seed treatment alters the physiological response of maize (*Zea mays*) seedlings to neighbouring weeds. **Pest management science**, v. 71, n. 4, p. 505-514, 2015.

AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 20/12/2020.

ALFENAS, A. C. (Ed.). Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa, MG: UFV, 1998. 574p.

ALMEIDA, Andréia Almeida. **Tratamento de sementes de feijão com tiametoxam**. 2012. 141 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

ALMEIDA, A. S.; CARVALHO, I.; DEUNER, C.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 2011.

ALMEIDA, A. S.; DEUNER, C.; JAUER, A.; BORGES, C. T.; CAMARGO, T. O.; MENEGHELLO, G. E. Desempenho de sementes de arroz tratadas com inseticidas, fungicidas e hormônio. **Revista Magistra**, v. 28, n. 1, p. 102-109, 2016.

ALMEIDA, A. D. S.; LEMES, E. S.; JAUER, A.; MENEGHELLO, G. E.; TUNES, L. M. Efeito do tratamento de sementes com tiametoxam + lambda-cyhalothrin no desempenho fisiológico de cultivares de arroz. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 9, n. 3, p. 49-54, 2015.

ALVERENGA, G.; ROSSETI, C.; ALMEIDA, A. S.; RODRIGUES, D. B.; MARTINS, A. B. N.; AGUIAR, R. N.; EVANGELISTA, E. A.; TUNES, L. V. M. Sementes de milho tratada: substratos e metodologia alternativa para o teste de germinação. **Brazilian Journal Develop**, v. 6, n. 6, p. 41190-41210, 2020.

AVELAR, S. A. G.; BAUDET, L.; PESKE, S. T.; LUDWIG, M. P.; RIGO, G. A.; CRIZEL, R. L.; OLIVEIRA, S. Storage of soybean seed treated with fungicide, insecticide and micronutrient and coated with liquid and powdered polymer. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1719-1725, 2011.

BABICKI, S.; ARNDT, D.; MARCU, A.; LIANG, Y.; GRANT, J. R.; MACIEJEWSKI, A.; WISHART, D. S. Heatmapper: web-enabled heat mapping for all. **Nucleic acids research**, v. 44, n. 1, p. 147-153, 2016.

BAUDET, L.; PERES, W. Recobrimento de sementes. **Revista Seed News**, v. 4, n. 1, p. 20-23, 2004.

BAUDET, L.; PESKE, F. Aumentando o desempenho das sementes. **Revista Seed News**, v. 9, n. 5, p. 22-24, 2007.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; RIBEIRO, C. W.; FONTENELE, A. V.; CARVALHO, F. E.; MARGIS-PINHEIRO, M. Á. R. C. I. A.; SILVEIRA, J. A. Role of peroxidases in the compensation of cytosolic ascorbate peroxidase knockdown in rice plants under abiotic stress. **Plant, cell & environment**, v. 34, n. 10, p. 1705-1722, 2011.

BORGES, A. T.; ALMEIDA, A. S.; DEUNER, C.; JAUER, A.; MENEGHELLO, G.E. Efeito do tiametoxam no tratamento de sementes de feijão. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.21, p.898-907, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 398p.

BRESEGHELO, M. L.; OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M.D. T. 1992. Respostas de cultivares de feijão ao teste de fosfatase ácida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, p. 647-654, 1992.

BRUNES, A. P.; MENDONÇA, A. O.; OLIVEIRA, S.; LEMES, E. S.; LEITZKE, I. D.; VILLELA, F. A. Produção, qualidade e expressão isoenzimática de semente de trigo produzidas sob diferentes doses de boro. **Revista brasileira de Biociências**, v. 14, n. 3, p. 137-144, 2016.

BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; FRANÇA-NETO, J. DE B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; ZUCARELI, C. Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 2, p. 147-153, 2015.

CAMARGO, M. L. P.; MORI, E. S.; MELLO, E. J.; ODA, S.; LIMA, G.P. Atividade enzimática em plântulas de *Eucalyptus grandis* provenientes de sementes envelhecidas artificialmente e manualmente. **Ciência Rural**, v. 10, p. 113-122, 2000.

CAMILO, G. L.; CASTELLANOS, C. I. S.; SUÑÉ, A. S.; ALMEIDA, A. S.; SOARES, V. N.; TUNES, L. V. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja durante o armazenamento após revestimento com agroquímicos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 436-446, 2017.

CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C.; PINHO, E. R. V. Técnicas moleculares em sementes. **Biotecnologia - Ciência & Desenvolvimento**, v.17, p.4-47, 2000.

CASTRO, P. R. C.; PEREIRA, M.A. Bioativadores na agricultura. In: GAZZONI, D.L. (Ed.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. 2008, p.118- 126.

CLAVIJO, J. **Tiametoxam: Um nuevo concepto em vigor y productividad.** Bogotá, Colômbia, 2008.196p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos da safra brasileira de grãos** (safra 2020/21). Décimo terceiro levantamento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso - Out 2020.

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, n. 2, p. 227-237, 2004.

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2 p. 131-139, 2010.

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; BRACCINI, A. L.; ALBRECHT, L. P.; RICCI, T. T.; PICCININ, G. G. Desempenho de sementes de soja tratadas com inseticidas e submetidas a diferentes períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, p. 215-222, 2011.

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; PICCININ, G. G.; RICCI, T. T.; ORTIZ, A. H. T. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

DELOUCHE, J. C.; Desempenho da Semente. **Revista Seed News**, v. 9, n. 1, p. 38, 2005.

DOCKHORN, W. ALMEIDA.; MOREIRA, V. S.; ZIMMER, T.; ROBERTI, D. R.; MALDANER, S. Validação do modelo CERES-Rice para a cultivar IRGA 424 no Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, v. 40, p. 88-92, 2018.

DAL CORTIVO, C.; CONSELVAN, G. B.; CARLETTI, P.; BARION, G.; SELLA, L.; VAMERALI, T. Biostimulant effects of seed-applied sedaxane fungicide: morphological and physiological changes in maize seedlings. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 2072, 2017.

DAS, K.; ROYCHOUDHURY, A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. **Frontiers in Environmental Science**, v. 2, p. 53, 2014.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DU, B.; LUO, H.; HE, L.; ZHANG, L.; LIU, Y.; MO, Z.; TANG, X. Rice seed priming with sodium selenate: Effects on germination, seedling growth, and biochemical attributes. **Nature Scientific reports**, v. 9, p. 1-9, 2019.

EBONE, L. A.; CAVERZAN, A.; CHAVARRIA, G. Physiologic alterations in orthodox seeds due to deterioration processes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 145, p. 34-42, 2019.

EMBRAPA. **Agência de Informação Tecnológica**. [Home page]. Disponível em:<agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fojvokoc02wyiv80bhgp5povqqj3b.html>. Acesso em: 11 nov. 2020.

ENDO, T.; MORISHIMA, H. Rice. In: TANKSLEY, S. D.; ORTTON, T. J. **Isozymes in plant genetics and breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1983. p. 129-146.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina, 2020.

FERREIRA, T.F.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, R.A. DE; RESENDE, L.S.; LOPES, C.G.M.; FERREIRA, V. DE F. Quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 4, p. 278-286, 2016.

FESSEL, S.A.; MENDONÇA, E.A.F.; CARVALHO, R.V.; VIEIRA, R.D. Efeito do tratamento químico sobre a conservação de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 25-28, 2003.

FRANCO, D. F.; JR., A. M. M.; COSTA, C. J.; SILVA, M. G. (2013). Colheita, secagem, beneficiamento e tratamento de sementes de arroz irrigado (Documentos, n. 371). Pelotas: Embrapa Clima Temperado.

GIACOMELI, R. Qualidade fisiológica de sementes de arroz irrigado por aspersão e inundação. **Anais Congresso Brasileiro de arroz irrigado**, Santa Maria, 2013.

GILL, S. S.; TUJETA, N. Reactive oxygen species and antioxidante machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 909-930, 2010.

GOMES, J. P.; OLIVEIRA, L. M.; FERREIRA, P. I.; BATISTA, F. Substratos e temperaturas para teste de germinação em sementes de Myrtaceae. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 285- 293, 2016.

GROHS, M.; MARCHESAN, E.; ROSO, R.; FORMENTINI, T. C.; OLIVEIRA M.L. Desempenho de cultivares de arroz com uso de reguladores de crescimento, em diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, 776-783, 2012.

GUNATHILAKE, C. C.; GAMAGE, C. Effect of mechanical harvesting for germination capability of rice seeds. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 20, n. p. 184-187, 2019.

HENNING, Ademir Assis. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. 2.ed. Embrapa Soja. Documentos, 264: Embrapa Soja, 2005. 52p.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**, v. 5, Embrapa Soja, Londrina, 2014, 76p.

HENNING, A. A.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I. Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas na safra 2010/2011, ano de “La Niña”. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 8p. (Circular técnica, 82).

HENNING, F. A., MERTZ, L. M., JACOB JUNIOR, E. A., MACHADO, R. D., FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Revista Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010.

HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 92-97, 2004.

HORNER, M. S. **Origem, tamanho, danificação mecânica e tratamento de sementes na região das missões do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado profissional em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2013.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. **Boletim de resultados da lavoura de arroz safra 2017/18**. Disponível em: <<https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201807/30100758-boletim-final-da-safra-201-18-final.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2020.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. IRGA 424 RI é a cultivar mais utilizada no RS (2020). Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/irga-424-ri-e-a-cultivar-mais-utilizada-no-rs>>. Acesso em: 05 set. 2020.

IRRI. International Rice Research Institute. **Rice science for a better world**. 2017.

ISTA. **Handbook of variety testing: electrophoresis testing**. International Seed Testing Association. Zúriq, Suíça. 44p. 1992.

KAN, G.; NING, L.; LI, Y.; HU, Z.; ZHANG, W.; HE, X.; YU, D. Identification of novel loci for salt stress at the seed germination stage in soybean. **Breeding Science**, v. 66, p. 530-541, 2016.

KAR, R. K. Plant responses to water stress: Role of reactive oxygen species. **Plant signaling & Behavior**, v. 6, n. 11, p. 1741-1745, 2011.

LARRÉ, C. F.; ZEPKA, A. P. S.; MORAES, D. M. Testes de germinação e emergência em sementes de maracujá submetidas a envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Biociências**. v. 5, p. 708-710, 2007.

LAUXEN, L. R.; VILLELA, F. A.; SOARES, R. C. Desempenho fisiológico de sementes de algodão tratadas com tiametoxam. **Revista Brasileira de Sementes**,

Brasília, v. 32, n. 3, p. 61-68, 2010.

LOBO JÚNIOR, M.; BRANDAO, L.T.D.; MARTINS, B.E.M. Testes para avaliação da qualidade de sementes de feijão comum. **Circular Técnica 90**, n. 1, p. 1-4, 2013.

LUCCA FILHO, O. A. Patologia de Sementes. In.: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. (Ed.). Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos, 2.Ed., Pelotas, p. 259-329, 2006.

LUDWIG, M. P.; LUCCA FILHO, O. A.; BAUDET, L.; DUTRA, L. M. C.; AVELAR, S. A. G.; CRIZEL, R. L. Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 395-406, 2011.

LUDWIG, M.P.; OLIVEIRA, S. DE; AVELAR, S.A.G.; ROSA, M.P.; LUCCA FILHO, O.A.; CRIZEL, R.L. Armazenamento de sementes de soja tratadas e seu efeito no desempenho de plântulas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 9, n. 1, p. 51-56, 2015.

MACEDO, W. R.; ARAÚJO, D. K.; CASTRO, P. R. D. C. Unravelling the physiologic and metabolic action of thiamethoxam on rice plants. **Pesticide biochemistry and physiology**, v.107, n. 2, p. 244-249, 2013.

MALONE, G.; ZIMMER, P. D.; MENEGHELLO, G. E.; CASTRO, M. A. S.; PESKE, S. T. Expressão diferencial de isoenzimas durante o processo de Germinação de sementes de arroz em grandes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 61-67, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. ABRATES. Londrina. 659p. 2015.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.

MENTEN, J. O.; MORAES, M. H. D. Avanços no tratamento e recobrimento de sementes. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. Informativo Abrates, Londrina, v. 20, n. 3, p. 52-53, 2010.

MENTEN, J. O. M.; DEZORDI, C. Tratamento químico de sementes: evolução, situação atual e perspectivas. **Revista SEEDnews**, v. 18, p. 10-14, 2014.

MIELEZRSKI, F.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; PANOZZO, L. E.; CARVALHO, R. R.; ZUCHI, J. Desempenho em campo de plantas isoladas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 139-144, 2008.

MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M.; DOURADO-NETO, D.; PUPIM, T. L.; DIAS, M. A. N. Seed vigor and initial growth of corn crop. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 1, p. 64-69, 2013.

NAKAGAWA, J. (1999) - Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D. & França Neto, J.B. (Eds.) – Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, cap. 2, p. 1-24.

NASCIMENTO, W. M. O.; OLIVEIRA, B. J.; FAGIOLI, M.; SADER, R. Fitotoxicidade do inseticida carbofuran 350 FMC na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 2, p. 242-245, 1996.

NUNES, J. C. S. Tratamento de sementes de soja como um processo industrial no Brasil. **Revista SEEDnews**, v. 20, p. 26-32, 2016.

OHLSON, O. C.; KRZYZANOWSK, F. C.; CAIEIRO, J. T.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 118-124, 2010.

PEDÓ, T.; KOCH, F.; GAZOLLA NETO, A.; OLSEN, D.; SILVA, M. A. S.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Isoenzyme expression and the seed vigor of rye under effect the water restriction. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 21, n. 1, p.17-23, 2016.

PEREIRA, C. E.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; VIEIRA, A. R.; EVANGELISTA, J. R. E.; OLIVEIRA, G. E. Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 158-164, 2011.

PEREIRA, L. M. A.; MINOHARA, L.; VIEIRA, R. D.; PANIZZI, R. C.; GOTARDO, M. Tratamento fungicida de sementes de milho e metodologias para a condução do teste de frio. **Revista Ceres**, v. 55, n. 3, p. 210-217, 2008.

PICCININ, G. G.; BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; BAZO, G. L.; LIMA, L. H. S. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas. **Revista Ambiência**, v. 9 n. 2, p. 289-298, 2013.

POPINIGIS, Flavio. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: Agiplan, 1985. 289p.

RADZIKOWSKA, D.; GRZANKA, M.; KOWALCZEWSKI, P. L.; GLOWICKA-WOLOSZYN, R.; BLECHARCZYK, A.; NOWICKI, M.; SAWINSKA, Z. Influence of SDHI Seed Treatment on the Physiological Conditions of Spring Barley Seedlings under Drought Stress. **Agronomy**, v. 10, n. 5, p. 731, 2020.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

ROSSI, C.; LIMA, G. P. P. Cádmio e a atividade de peroxidase durante a germinação de sementes de feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 1, n. 58, p. 197-199, 2001.

RUBIO DE CASAS, R.; WILLIS, C. G.; PEARSE, W. D.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; CAVENDER-BARES, J. Global biogeography of seed dormancy is determined by

seasonality and seed size: a case study in the legumes. **New Phytologist**, v. 214, p. 1527-1536, 2017.

SCANDÁLIOS, J. G. Genetic control of multiple molecular forms of enzymes in plants: a review. **Biochemical genetics**, v.3, p.37-79, 1969.

SHU, K.; LIU, X. D.; XIE, Q.; HE, Z. H. Two faces of one seed: hormonal regulation of dormancy and germination. **Molecular Plant**, v.9, n.1, p.34-45, 2016.

SHU, K.; CHEN, Q.; WU, Y.; LIU, R.; ZHANG, H.; WANG, S.; TANG, S.; YANG, W.; XIE, Q. ABSCISIC ACID-INSENSITIVE 4 negatively regulates flowering through directly promoting *Arabidopsis* *FLOWERING LOCUS C* transcription. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, p. 195-205, 2016.

SILVA, M. T. B. Inseticidas na proteção de sementes e plantas. **Revista Seed News**, v. 2, n. 5, p. 26-27, 1998.

SMIDERLE, O.J.; CÍCERO, S.M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 2, p. 462-469, 1998.

SOARES, V. N.; TILLMANN, A. A.; MOURA, A. B.; ZANATTA, Z. G. C. N. Potencial fisiológico de sementes de arroz tratadas com rizobactérias ou tiametoxam. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 563-572, 2012.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Farroupilha, RS. 2018. v. 32, 205 p.

SWAROWSKY, M. L.; ASSMANN, E. J. A importância da lema e da pálea na manutenção da qualidade fisiológica em sementes de arroz. **Revista Cultivando o Saber**, Edição especial, p. 102-109, 2016.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2013. *Fisiologia Vegetal*. 5a ed. Porto Alegre: Artmed. 954 p.

TEIXEIRA, Sheila Bigolin. Condicionamento de sementes de arroz com extrato de cenoura. (2017). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas, 121p. 2017.

TOLEDO, M. Z.; CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATO, R. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Physiological quality of soybean and wheat seeds produced with alternative potassium sources. **Revista Brasileira de sementes**, v. 33, n. 2, p. 363-371, 2011.

TUNES, Carla Dias. **Substratos para teste de germinação em sementes de soja tratadas quimicamente**. 2020. 139 f. Tese ((Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2020.

TUNES, L. V. M.; ALMEIDA, A. S.; CAMARGO, T. O.; SUNE, A. S.; RODRIGUES, D. B.; MARTINS, A. B. N.; CALAZANS, A. F. S.; SILVA, A. F. **Brazilian Journal of Develop**, v. 6, n. 6, p. 41223-41240, 2020.

TUNES, L. M.; BADINELLI, P. G.; BARROS, A. C. S. A.; MENEGHELLO, G. E.; AMARANTE, L. Influência dos diferentes períodos de colheita na expressão de isoenzimas em sementes de cevada. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p.178-184, 2011.

TUNES, C. D.; MENEGUZZO, M. R. R.; SILVA, J. B.; GONÇALVES, V. P.; PIEPER, M. S.; CAMARGO, T. O.; MENEGHELLO, G. E. Soybean seed (*Glycine max* (L.) Merr) physiological performance treated with phytochemical products in several germination substrates. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 2, p. 202-209, 2020.

TUNES, C.D.; XAVIER, F. M.; BASILIO, V. B.; HARTWIG, I.; MENEGHELLO, G. E. Distinct levels of quality of treated soybean seeds evaluated in alternative substrates to the germination test. **Brazilian Journal of Develop**, v. 6, n. 8, p. 61623-61635, 2020.

USDA/FAS. Grain: **World markets and trade**. May, 2015.

VANIN, A.; SILVA, A. G.; FERNANDES, C. P. C.; FERREIRA, W. S.; RATTES, J. F. Tratamento de sementes de sorgo com inseticidas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 299-309, 2011.

VEIGA, A. D.; VON PINHO, É. V. R.; VEIGA, A. D.; PEREIRA, P. H. A.R.; OLIVEIRA, K. C.; VON PINHO, R. G. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 953-960, 2010.

VIEIRA, A. R.; VIEIRA, M. G. G. C.; OLIVEIRA, J. A.; SANTOS, C. D. Alterações fisiológicas e enzimáticas em sementes dormentes de arroz armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 53-61, 2000.

VIEIRA, E. S. N.; VON PINHO, E. V. R.; CARVALHO, M. G. G.; SILVA, P. A. Caracterização de cultivares de soja por descritores morfológicos e marcadores bioquímicos de proteínas e isoenzimas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 86-94, 2009.

VIGANO, J.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; FRANCO, F. A.; SCHUSTER, I.; MOTERLE, L. M.; TEXEIRA, L. Qualidade fisiológica de sementes de trigo em resposta aos efeitos de anos e épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 86-96, 2010.

XAVIER, F. M.; ARENHARDT, L. G.; MENEGHELLO, G. E. Vigor de sementes no desempenho agrônômico da cultura do arroz. **Revista SEEDnews**, n. 5, p. 16-19, 2020.

XAVIER, F. M.; MARTINS, A. B. N.; GONÇALVES, V. P.; SILVA, J. B.; MENEGHELLO, G. E. **Utilização de substratos alternativos na avaliação de desempenho de plântulas de arroz oriundas de sementes tratadas.** In: XXII ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, Pelotas, 2020.

XIE, X.; HE, Z.; CHEN, N.; TANG, Z.; WANG, Q.; CAI, Y. The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. **BioMed research international**, v. 2019, p. 1-11, 2019.

WEEDEN, N. F.; WENDEL, J. F. Genetics of plant isozymes. In: SOLTIS, D.E.; SOLTIS, P.S (Ed.). **Isozymes in plant biology.** London: Chapman and Hall, 1990. p. 46-72.

ZHANG, C.; WANG, Q.; ZHANG, B.; ZHANG, F.; LIU, P.; ZHOU, S.; LIU, X. Hormonal and enzymatic responses of maize seedlings to chilling stress as affected by triazoles seed treatments. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 148, p .220-227, 2020.

ZHOU, W.; CHEN, F.; ZHAO, S.; YANG, C.; MENG, Y.; SHUAI, H.; LIU, J. DA-6 promotes germination and seedling establishment from aged soybean seeds by mediating fatty acid metabolism and glycometabolism. **Journal of experimental botany**, v. 70, n. 1, p. 101-114, 2019.