

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

Lovane Klein Fagundes

**RETENÇÃO DE INSETICIDA E FUNGICIDA EM SEMENTES DE
ARROZ COM O USO DE POLÍMEROS**

Santa Maria, RS
2016

Lovane Klein Fagundes

**RETENÇÃO DE INSETICIDA E FUNGICIDA EM SEMENTES DE ARROZ
COM O USO DE POLÍMEROS**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes

Santa Maria, RS
2016

Lovane Klein Fagundes

**RETENÇÃO DE INSETICIDA E FUNGICIDA EM SEMENTES DE ARROZ
COM O USO DE POLÍMEROS**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Agronomia**.

Aprovado em 04 de maio de 2016:

Ubirajara Russi Nunes, Dr.
(Presidente/Orientador)

Luciane Almeri Tabaldi, Dra. (UFSM)

Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)

Géri Eduardo Meneghello, Dr. (UFPel)

Marcos Paulo Ludwig, Dr. (IFRS)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Grimário Alves Fagundes e Verna Klein Fagundes. Pelo exemplo de vida, humildade e amor incondicional dedicado.

AGRADECIMENTOS

A Deus a força maior.

Aos meus pais pela vida, pelo apoio, por compreenderem minha ausência, pelo abraço de conforto, de força e por saber que de braços abertos eu sempre serei esperada.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAGRO/UFSM) pela oportunidade da realização do curso de Doutorado.

Ao professor Ubirajara Russi Nunes, pela amizade e orientação, pelos ensinamentos repassados de uma forma humilde e tranquila, imprescindíveis para a conclusão desse trabalho.

Aos meus irmãos, Elaine, Ivana e Rogério, amigos da vida toda que sempre irão vibrar com minhas conquistas e sucesso, apesar de muitas vezes não compartilharmos das mesmas ideias, não nos vemos e não nos falamos o tanto quanto gostaríamos: “Sei que sempre estarão do meu lado”.

A minha amada sobrinha e afilhada Valentina, “Como é bom ganhar seu abraço, ouvir e sentir a pureza em palavras e gestos, de uma vida que está apenas no início”.

Ao Claiton, pelo amor, carinho e compreensão.

Aos professores Renato Zanella, Osmar Prestes, Sidinei José Lopes e Luciane Almeri Tabaldi, pela amizade, presteza e auxílio durante o desenvolvimento desse trabalho.

Aos amigos e colegas do Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes, nessa vida acirrada de estudante de graduação e pós-graduação, entre disciplinas a serem cumpridas, montagens de experimentos, análises e pesquisas. Enfim, cada um buscando o seu espaço, mas não esquecendo da vida em grupo, a ajuda de vocês, as conversas descontraídas, a roda de chimarrão, foi fundamental para concluir esse trabalho e torná-lo mais agradável. Um agradecimento especial a Tiéle, Joner, Jucéli, Mariane, Rodrigo, Carboneira, Íngrid, Silvia, Eduardo, Vitor, Pablo, Fábio, Fábio F, Ana Paula, Paula Michele, Rafaella e Úrsulla.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes e Departamento de Fitotecnia, Nicéia, Alberto, Mattioni, João, entre outros, pela amizade e auxílio durante a condução do trabalho.

Ao grupo de amigos “Embalos de sábado à noite”, Michele Negrini, Alexandre Augusti, Neuza de Moura, Sâmia Garcia e Lisandra Mozzaquatro, por proporcionarem momentos de descontração, reuniões, jantares, chimarrão, vocês deixaram essa caminhada mais leve.

Às empresas, Nitral Urbana, Laborsan Brasil, Rigrantec e Dynatech, por fornecerem os polímeros. E as empresas Imex Sul e Camnpal (Filial Dona Francisca, RS) por fornecerem as sementes de arroz.

E a todas as outras pessoas, que aqui não foram mencionadas, que contribuíram de alguma forma com a minha formação pessoal e profissional.

Muito Obrigada!

A parábola do semeador

“Eis que o semeador saiu a semear.

E quando semeava, uma parte da semente caiu ao pé do caminho, e vieram as aves, e
comeram-na;

E outra parte caiu em pedregais, onde não havia terra bastante, e logo nasceu, porque não
tinha terra funda;

Mas vindo o sol, queimou-se, e secou-se, porque não tinha raiz.

E outra caiu entre espinhos, e os espinhos cresceram, e sufocaram-na.

E outra caiu em boa terra, e deu fruto: um a cem, outro a sessenta e outro a trinta.

Quem tem ouvidos para ouvir, ouça”.

(Mateus, XIII, 3 a 9)

RESUMO

RETENÇÃO DE INSETICIDA E FUNGICIDA EM SEMENTES DE ARROZ COM O USO DE POLÍMEROS

AUTORA: Lovane Klein Fagundes

ORIENTADOR: Ubirajara Russi Nunes

O trabalho de tese foi desenvolvido em dois capítulos: O capítulo I com o objetivo de avaliar a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz tratadas com fungicida e inseticida recobertas com polímeros, bem como quantificar a retenção de produtos químicos em sementes que foram submetidas a uma precipitação simulada logo após a semeadura. O capítulo II com o objetivo de verificar os efeitos da associação do tratamento fitossanitário e recobrimento com polímeros em sementes de arroz na germinação e no vigor, assim como, quantificar o potencial de minimização de resíduos do inseticida e do fungicida, liberados das sementes de arroz para a água de embebição, através da simulação do sistema de cultivo pré-germinado. Ambos experimentos foram realizados no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS), no Laboratório de Análises e Resíduos de Pesticidas (LARP), e a campo, todos os locais pertencentes a Universidade Federal de Santa Maria. Nesses experimentos foram usados seis tratamentos de sementes de arroz, diferindo entre os dois capítulos apenas as cultivares, BRS Sinuelo CL[®] (capítulo I) e EPAGRI 108 (capítulo II) e o tratamento fitossanitário. Os seis tratamentos foram: Controle, tratamento fitossanitário para o capítulo I (Fungicida Maxim XL[®] (ingrediente ativo (i.a): metalaxil-M 25 g L⁻¹ + fludioxonil 10 g L⁻¹) e inseticida Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350 g L⁻¹) e tratamento fitossanitário para capítulo II (fungicida Derosal Plus[®] (i.a: carbendazim 150g L⁻¹ + thiram 350 g L⁻¹) e inseticida Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350g L⁻¹), tratamento fitossanitário e recobrimento com os polímeros: Florite 1127[®], Resin Sólid GV5[®], Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed[®]. As avaliações foram referentes a qualidade sanitária e fisiológica, através de análises de germinação e de alguns testes de vigor de sementes das duas cultivares de arroz semeadas em substrato papel, areia e solo. No capítulo I para determinar a retenção dos ingredientes ativos metalaxil-M, e thiamethoxam, foi montado um equipamento denominado extrator, constituído de tubos de PVC, formando uma coluna de areia de 0,10 m onde foi realizada a semeadura de cinco sementes em cada tubo, após foi simulada uma precipitação de 50 mm durante 10 min. Amostras do lixiviado foram coletadas e levadas para análise, através da Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas. E no capítulo II foi simulado o processo de pré-germinação das sementes, a retenção dos ingredientes ativos thiamethoxam e carbendazim foi realizada analisando os compostos da água de embebição, também, através da Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas. Para os experimentos foi usado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com oito e quatro repetições e as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$). Os resultados encontrados no capítulo I e II, com relação ao tratamento químico de sementes e recobrimento de polímeros, esses não afetaram negativamente a germinação e vigor, através de alguns testes, para as duas cultivares de arroz. Os polímeros Resin Solid GV5[®], Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed[®] reteram, 27%, 22% e 23% a mais, do thiamethoxam junto às sementes de arroz que foram submetidas a lixiviação comparados ao tratamento fitossanitário sem o uso de polímeros. E a retenção do thiamethoxam foi de 12% a mais, quando foi usado o polímero Florite 1127[®] e na retenção do carbendazim os polímeros Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed contribuíram com 13% e 35% a mais junto às sementes, quando comparados às sementes que não receberam recobrimento com polímeros (tratamento fitossanitário) através do processo de embebição na pré-germinação de sementes de arroz. A associação do tratamento químico de sementes e recobrimento com polímeros podem minimizar impactos ambientais causados pela contaminação de águas subterrâneas pela lixiviação de compostos químicos ou por águas contaminadas oriundas dos diferentes sistemas de cultivo de arroz irrigado.

Palavras-chave: Thiamethoxam. Carbendazim. Lixiviação. Pré-germinação.

ABSTRACT

INSECTICIDE AND FUNGICIDE RETENTION IN RICE SEEDS APPLYING POLYMERS

AUTHOR: Lovane Klein Fagundes

ADVISER: Ubirajara Russi Nunes

The following dissertation has been developed into two chapters: chapter I aimed to evaluate the physiological and sanitary quality of rice seeds treated with fungicide and insecticide coated with polymers, as well as quantify the retention chemicals in seeds that were subjected to a simulated rainfall after planting. Chapter II aimed to verify the effects of the combination of phytosanitary treatment and coating with polymers rice seed germination and force, as well as quantify the potential for waste minimization pesticide and fungicide, released from rice seeds to soaking water by simulating the pre-germinated culture system. Both experiments were conducted in the *Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS)*, in the *Laboratório de Análises e Resíduos de Pesticidas (LARP)*, and in the field, all the sites are property of the *Universidade Federal de Santa Maria*. For such experiments, six rice seeds treatments have been applied, differing between the two chapters only the cultivars, BRS Sinuelo CL[®] (Chapter I) and EPAGRI 108 (Chapter II), and the phytosanitary treatment. The six treatments were: Control, phytosanitary treatment for Chapter I (fungicide Maxim XL[®] (active ingredient (i.a.): metalaxyl-M 25 g L⁻¹ + fludioxonil 10 g L⁻¹) and insecticide Cruiser 350[®] FS (i.a.: thiamethoxam 350 g L⁻¹) and phytosanitary treatment for Chapter II (fungicide Derosal Plus[®] (i.a.: carbendazim 150 g L⁻¹ + thiram 350 g L⁻¹) and insecticide Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350 g L⁻¹), phytosanitary treatment and coating with polymers: Florite 1127[®], Resin Sólid GV5[®], Polyseed CF[®] and Verm Dynaseed[®]. Assessments were related to physiological and health quality and, through analysis of germination and some seed vigor tests of two rice cultivars sown in substrate paper, sand and soil. In Chapter I, aiming to determine the retention of Active metalaxyl-m and thiamethoxam ingredients, it was mounted a piece of equipment called extractor, consisting of PVC pipes, forming a sand column of 0.10 m where seeding was carried out for five seeds in each tube. It was then simulated a precipitation of 50 mm for 10 min. Samples of the leachate were collected and taken for analysis by liquid chromatography-mass spectrometry. In Chapter II, it was simulated the process of pre-germination, the retention of the active ingredients thiamethoxam and carbendazim was carried out by analyzing the compounds of the soaking water, also by liquid chromatography-mass spectrometry. Completely Randomized Design (CRD) has been applied for the experiments with eight and four replications and the means were compared by Scott Knott's test ($p \leq 0.05$). The results in Chapter I and II, regarding chemical seed treatment and polymers coating, did not affect the germination and vigor according to the tests for the two rice cultivars. The polymers Resin Solid GV5[®], Polyseed CF[®], and Verm Dynaseed[®] retained 27%, 22%, and 23% more thiamethoxam within rice seeds that were subjected to leaching compared to phytosanitary treatment without the use of polymers. And the retention of thiamethoxam was 12% more, when it was used Florite 1127[®] and the retention of carbendazim, polymers PolySeed CF[®] and Vermont Dynaseed contributed 13% and 35% more from seed, as compared to seeds which received no coating with polymers (phytosanitary treatment) via soaking at pre-germinating rice seeds. The combination of chemical seed treatment and coating with polymers can minimize environmental impacts caused by contamination of groundwater by leaching of chemicals or contaminated water originating from different rice cultivation systems.

Keywords: Thiamethoxam. Carbendazim. Leaching. Pre-germination.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 - Precipitação média diária, obtida pela estação automática A803 – Santa Maria, em Santa Maria Rio Grande do Sul no trimestre de outubro a dezembro de 2015 (Fonte: INMET, 2016).....41

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1 - Relação dos tratamentos realizados em sementes de arroz BRS Sinuelo CL. Santa Maria, 2016. 32
- Tabela 2- Dados médios da primeira contagem (PC, %), da germinação (G, %), do índice de velocidade de germinação (IVG), do comprimento da parte aérea (CPA, mm planta⁻¹), do comprimento da raiz primária (CR, mm planta⁻¹) e da massa seca (MS, mg planta⁻¹). Sementes de arroz (BRS Sinuelo). Santa Maria, 2016. 35
- Tabela 3 - Dados médios da percentagem de plântulas normais pelo Teste de frio (TF, %), e Teste de Envelhecimento Acelerado (TEA, %), em sementes de arroz (BRS Sinuelo). Santa Maria, 2016. 36
- Tabela 4 - Dados médios da análise sanitária (fungos (%)) encontrados em sementes de arroz (BRS Sinuelo CL), submetidas ao tratamento de sementes. Santa Maria, 2016. 37
- Tabela 5 - Dados médios de emergência (EM, %), do comprimento da parte aérea (CPA, mm), do comprimento da raiz primária (CR, mm) e da massa seca (MS, mg). Sementes de Arroz BRS Sinuelo cultivadas em tubos de PVC, após a lixiviação. LDPS, Santa Maria, 2016. 38
- Tabela 6 - Concentração de Thiomethoxam em amostras do lixiviado, detectado através da Cromatografia Líquida acoplada a espectrometria de massas, realizado em Laboratório de Análise de Resíduos e Pesticidas (LARP/UFSM). Santa Maria, 2016. 39
- Tabela 7 - Concentração do ingrediente ativo do inseticida - i.a Thiamethoxam (cinco sementes de arroz) antes da lixiviação, no lixiviado e após a lixiviação. 40

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1-Relação dos tratamentos realizados em sementes de arroz EPAGRI 108. Santa Maria, 2016.	52
Tabela 2- Caracterização inicial de sementes de Arroz, cultivar EPAGRI 108. Dados médios de Umidade, Peso de Mil Sementes, Germinação e Vigor (Primeira Contagem) em sementes de arroz. Santa Maria, 2016.....	54
Tabela 3-Dados médios de fungos (%) encontrados na análise sanitária de caracterização inicial, em sementes de arroz, cultivar EPAGRI 108, realizado através do “Blotter Test”. Santa Maria, 2016.....	55
Tabela 4- Dados médios de Germinação (G, %), primeira contagem (PC, %), teste de frio sem solo (TF, %), comprimento de parte aérea (CPA, mm.planta-1), comprimento de raiz (CR, mm.planta-1) e massa seca de plântula (MS, mg.planta-1) de sementes. Arroz (EPAGRI 108), submetidas ao tratamento de sementes, Santa Maria, UFSM, 2016.....	56
Tabela 5-Percentagem de fungos encontrados na análise sanitária, em sementes de arroz, cultivar EPAGRI 108, submetidas ao tratamento de sementes e realizado através do “Blotter Test”. Santa Maria, 2016.....	57
Tabela 6-Dados médios de emergência à campo (EC, %) de sementes pré-germinadas de arroz. Dados de emergência (ECO, %) Índice de Velocidade de Emergência (IVE), do comprimento da parte aérea (CPA, mm.planta-1), do comprimento da raiz primária (CR, mm.planta ⁻¹) e da massa seca de plântulas (MS, mg.planta ⁻¹), de sementes pré-germinadas de arroz cultivar EPAGRI 108, semeadas em copos de polietileno.. Santa Maria, 2016.	58
Tabela 7-Concentração do ingrediente ativo do inseticida - i.a Thiamethoxam (cinco sementes de arroz (0,14575 g)) em sementes de arroz e na água de embebição das sementes. Santa Maria, 2006.....	59
Tabela 8-Concentração ingrediente ativo do fungicida - i. a Carbendazim (cinco sementes de arroz (0,14575 g)) em sementes de arroz e na água de embebição das sementes. Santa Maria 2016.....	60
Tabela 9-Concentração de Thiomethoxam e Carbendazim em amostras de água de embebição, detectado através da Cromatografia Líquida acoplada a espectrometria de massas, realizado em Laboratório de Análise de Resíduos e Pesticidas (LARP/UFSM). Santa Maria, 2016.	61

LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A** - Capítulo 1. A – “Extrator”. B- Preenchimento dos tubos de PVC com areia. C- Semeadura de sementes de arroz (BRS Sinuelo) (T1, T2, T3, T4, T5 e T6). D- Simulação da precipitação. E- Detalhe da parte inferior dos tubos, fechamento com papel filtro e tule e amarração com atilhos. F- Coletado do lixiviado. G- Amostras do lixiviado, encaminhados para análise no LARP. UFSM, Santa Maria, 2016. 73
- APÊNDICE B** - Capítulo 2. Figura demonstrativa da pré-germinação de sementes de arroz (EPAGRI 108) (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) A- Processo de embebição das sementes (36 horas, temperatura 30° C), e frascos contendo a água de embebição, encaminhados para para análise no LARP. B – Sementes na etapa de incubação (36 horas, 30°C), e sementes pré-germinadas semeadas e desenvolvendo-se em copos de polietileno, com capacidade de 250 mL, em B.O.D, a 30° C e fotoperíodo de 12 horas, sob lâmina d’agua de 5 mm. UFSM, Santa Maria, 2016. 74
- APÊNDICE C**- Capítulo 2. Pré-germinação de sementes de arroz (EPAGRI 108) (T1, T2, T3, T4, T5 e T6). A- Sementes dentro de sacos porosos para a embebição. B e C- Embebição em água ultrapura (36 horas, temperatura 30° C). D- Sementes sendo colocadas para incubar em caixas de gerbox. E – Sementes na etapa de incubação (36 horas, 30°C). F- Semeadura de sementes pré-germinadas em copos de polietileno. G – Desenvolvimento das sementes pré-germinadas em copos de polietileno, com capacidade de 250 mL, em B.O.D, a 30° C e fotoperíodo de 12 horas, sob lâmina d’agua de 5 mm. UFSM, Santa Maria, 2016. 75
- APÊNDICE D** - Resumo da análise de variância da Capítulo I, quadrados médios da primeira contagem (PC), da germinação (G), do índice de velocidade de germinação (IVG), do comprimento da parte aérea (CPA), do comprimento da raiz primária (CR), massa seca (MS), Teste de frio (TF), e Teste de Envelhecimento Acelerado (TEA) de sementes de arroz, cultivar BRS Sinuelo, UFSM, Santa Maria, 2016. 76
- APÊNDICE E** - Resumo da análise de variância da Capítulo I, quadrados médios da análise fitossanitária transformada (Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT} (Y + 1.0)$), e tabela de resultados para *Fusarium* sp, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Dreschlera* sp. em sementes de arroz da cultivar BRS Sinuelo, UFSM, Santa Maria, 2016. 76
- APÊNDICE F** - Resumo da análise de variância da Capítulo I, quadrados médios da análise transformada (Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT} (Y + 1.0)$), e tabela de resultados para dados médios de emergência (EM), do comprimento da parte aérea (CPA), do comprimento da raiz primária (CR) e da massa seca (MS). Arroz, BRS Sinuelo, UFSM, Santa Maria, 2016. 77
- APÊNDICE G** - Resumo da análise de variância da Capítulo I, quadrados médios da análise do lixiviado Thiamethoxam. Arroz, BRS Sinuelo, UFSM, Santa Maria, 2016. 77
- APÊNDICE H** - Resumo da análise de variância da Capítulo II, quadrados médios da germinação (G), da primeira contagem (PC), do comprimento da parte aérea (CPA), do comprimento da raiz primária (CR), da massa seca (MS), e do Teste de frio (TF), de sementes de arroz da cultivar EPAGRI 108, UFSM, Santa Maria, 2016. . 78

- APÊNDICE I** - Resumo da análise de variância da Capítulo II, quadrados médios da análise fitossanitária transformada (Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT} (Y + 1.0)$), e tabela de resultados para *Fusarium* sp, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Dreschlera* sp. em sementes de arroz da cultivar EPAGRI 108, UFSM, Santa Maria, 2016. 78
- APÊNDICE J** - Resumo da análise de variância da Capítulo II, quadrados médios dos dados transformados (Logarítmo base 10 de $Y - \text{Log}10 (Y)$) para emergência em campo (EC), emergência em copos (ECO) e tabela de médias. Resumo da análise de variância, quadrados médios dos dados transformados (Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT} (Y + 1.0)$) do índice de Velocidade de Emergência (IVE), e da massa seca de plântulas (MS), e tabela de médias. Sementes de arroz, cultivar EPAGRI 108, UFSM, Santa Maria, 2016. 79
- APÊNDICE K** - Resumo da análise de variância da Capítulo II, quadrados médios da análise de embebição de sementes, contendo o Thiamethoxam, e Carbendazim. Sementes de Arroz, EPAGRI 108, UFSM, Santa Maria, 2016..... 79

SUMÁRIO

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 ARROZ.....	17
2.1.1 Sistemas de cultivos de arroz irrigado.....	17
2.1.2 Pragas e doenças na cultura do arroz.....	19
2.2 QUALIDADE FÍSICA, FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES.....	19
2.3 TRATAMENTO DE SEMENTES.....	20
2.4 CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL	21
2.4 POLÍMEROS.....	23
TRATAMENTO DE SEMENTES DE ARROZ E RECOBRIMENTO COM POLÍMEROS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E RETENÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	27
3.1 INTRODUÇÃO	29
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.4 CONCLUSÕES.....	41
3.5 REFERÊNCIAS	42
4. CAPÍTULO II.....	47
RECOBRIMENTO DE SEMENTES DE ARROZ COM POLÍMEROS E A RETENÇÃO DE FUNGICIDA E INSETICIDA NO SISTEMA DE CULTIVO PRÉ- GERMINADO	47
4.1 INTRODUÇÃO	49
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	51
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.4 CONCLUSÕES.....	62
4.5 REFERÊNCIAS	63
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
7 APÊNDICES	73

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de arroz irrigado no Brasil é predominantemente na região Sul do país, na maior parte do ciclo da cultura é desenvolvida sob lâmina d'água. Nesse modo de cultivo existem algumas formas de manejo do solo, tais como: o plantio convencional, o cultivo mínimo e o plantio direto, sob esses sistemas, a semeadura é feita em solo seco, embora exista a forma de cultivo onde as sementes são pré-germinadas, e são lançadas na lavoura previamente sistematizada e alagada.

A produtividade média de arroz tem alcançado nos últimos anos um nível elevado, a isso se deve muito ao avanço tecnológico em pesquisas, no manejo, lançamento de materiais genéticos mais produtivos, e o uso de produtos químicos mais eficientes para o tratamento de sementes.

A busca por cultivares de arroz que apresentam as características genéticas ideais, como a resistência a pragas e doenças, que se adaptam a diferentes temperaturas, e que atinjam altos níveis de produtividade é constante. Porém, em um país que apresenta muitas variações climáticas, principalmente com adventos climáticos do “El niño” que acontecem no Rio Grande do Sul, é difícil agregar em uma única cultivar todos os atributos favoráveis, pois muitas vezes uma doença ou praga que não era preocupante para a cultura, quando encontra condições favoráveis para o seu desenvolvimento, pode comprometer a produtividade naquele ano agrícola.

Para tanto, o sucesso de uma lavoura agrícola vai depender da interação de diversos fatores, entre eles fatores ambientais, e o uso de sementes que apresentam boas características físicas, genéticas, fisiológicas e sanitárias. O tratamento químico de sementes com fungicidas e inseticidas, tem atuado como um fator de proteção às sementes, pois elas podem ser veículo de transporte de organismos fitopatogênicos. Nas últimas décadas a evolução na indústria química, contribuiu para o desenvolvimento de fungicidas e inseticidas para o tratamento de sementes mais eficientes no controle, como os neonicotinóides e fungicidas com modo de ação sistêmica. Essa evolução impactou positivamente, contribuindo com a elevação da produtividade do arroz. Porém, o uso de produtos químicos indiscriminadamente, tem causado sérios prejuízos ao homem e ao meio ambiente, tornando-se importante a busca de alternativas mais “limpas” e que amenizam os impactos ambientais.

O recobrimento de sementes com polímeros oferece uma maior aderência dos produtos químicos usados no tratamento de sementes, reduzindo a formação de pó e contaminação de organismos não alvos. O uso de polímeros minimiza a quantidade de resíduos de ingredientes ativos liberados para o ambiente e lixiviados através do perfil do solo, e outros transportados por águas superficiais de lavouras orizícolas. Essa tecnologia, aliada a outras práticas conservacionistas, oferece uma alternativa ambientalmente mais segura, porém os materiais poliméricos usados não devem afetar negativamente a germinação e vigor das sementes.

Embora existam pesquisas com resultados positivos da associação, tratamento químico de sementes e recobrimento com polímeros, na germinação e vigor de várias espécies agrícolas, ainda são escassos estudos que mensuram a quantidade de produto químico que ficará retido às sementes de arroz e seus efeitos na qualidade fisiológica e sanitária, assim como os benefícios ambientais que essa associação promove.

O capítulo I dessa tese, intitulado “Tratamento de sementes de arroz e recobrimento com polímeros na qualidade fisiológica, sanitária, e retenção de produtos químicos” teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz tratadas com fungicida e inseticida, e recobertas com polímeros, e quantificar a retenção de produtos químicos às sementes de arroz, após serem submetidas a lixiviação.

E o capítulo II, intitulado: “Retenção de fungicida e inseticida em sementes de arroz, recobertas com polímeros no sistema pré-germinado” teve como objetivo, estudar a associação do tratamento fitossanitário e recobrimento com polímeros em sementes de arroz submetidas a pré-germinação, quanto sua qualidade fitossanitária e fisiológica, e a capacidade de retenção dos produtos químicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ARROZ

O arroz representa um importante papel social e econômico, muitos países dependem da atividade orizícola como fonte de emprego, renda e alimento. Como alimento, ele faz parte da dieta de grande parte da população mundial, principalmente dos povos de países em desenvolvimento. O grão é composto por amido, água, proteína, lipídeos, fibras, sais minerais e vitaminas, e há uma variabilidade em subprodutos para atender não só alimentação humana, mas também animal (MAPA, 2010).

Originário do sudoeste da Ásia, o gênero *Oryza* apresenta outras 24 espécies, mas apenas duas apresentam importância econômica, como a *O. glaberrima* Steud cultivada no Oeste da África e da Ásia e *O. sativa* L. cultivada em todo mundo. A espécie *O. sativa* divide-se em subespécie Indica e Japônica, as quais se diferenciam pela morfologia da planta e do grão (CASTRO; KLUNGE, 1999).

O arroz é cultivado em várias regiões do mundo, sob diferentes altitudes e latitudes, apresenta característica hidrófila, que permite ser cultivada sob uma lâmina de água, embora existam cultivares adaptadas ao cultivo em sequeiro (CASTRO; KLUNGE, 1999).

Segundo dados da FAO (2013) a Ásia é responsável por produzir 90% do arroz consumido em todo o mundo, e a China ocupa o primeiro lugar em produção desse cereal, no continente Asiático. O Brasil encontra-se em nono lugar no ranking mundial de produção de arroz, e a região sul é responsável por 80% da produção nacional, concentrando-se nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. E nesses estados, produz-se arroz da forma irrigada por inundação, com produtividades médias de 7.700 kg ha⁻¹ na safra de 2014/2015 (CONAB, 2015).

2.1.1 Sistemas de cultivos de arroz irrigado

No Brasil, a maior parte do cultivo de arroz é através do sistema irrigado por inundação, e a produção está concentrada nos dois estados do Sul, Rio Grande do Sul com 69%, e Santa Catarina com 8,4% do total da produção brasileira (CONAB, 2015).

Os principais sistemas de cultivos adotados pelos dois estados sulinos diferenciam-se quanto ao manejo do solo, manejo inicial da água e tipos de semeadura. Dentre eles está o

sistema de cultivo mínimo e semeadura direta, o sistema convencional e o sistema pré-germinado.

Sistema de cultivo mínimo e semeadura direta: Esse tipo de sistema abrange uma área de aproximadamente 74% do cultivo de arroz no estado gaúcho (SOSBAI, 2014). É caracterizado pelo preparo reduzido do solo com uma antecedência de 45 a 60 dias antes da semeadura do arroz (inverno/primavera), com controle de plantas daninhas, realizado através da aplicação de herbicida, e a semeadura é feita diretamente sobre a palhada de aveia ou azevém, semeada no outono/inverno. A manutenção de resíduos culturais junto ao solo colabora com a conservação e fertilidade do solo (MARIOT et al., 2009).

Sistema de cultivo convencional: Uma percentagem de 15,7% do cultivo de arroz no Rio Grande do Sul é realizada sob esse sistema (SOSBAI, 2014). Caracteriza-se pelo preparo do solo 20 a 30 dias antes da semeadura, envolvendo o uso de equipamentos agrícolas de preparo do solo em profundidade e superficial. Esse tipo de sistema modifica a estrutura física do solo, e não colabora com as práticas conservacionistas. A semeadura é realizada em solo seco, a lanço ou em linha (EMBRAPA, 2005).

Sistema pré-germinado: Esse sistema abrange 10% da área semeada com arroz no Rio Grande do Sul, e 80% da área semeada com arroz no estado de Santa Catarina (SOSBAI, 2014). A semeadura de arroz pré-germinado diferencia-se dos outros sistemas de produção de arroz, com relação a semeadura das sementes, que anteriormente passaram pelo processo de pré-germinação, para então serem lançadas ao solo previamente inundado.

Para a pré-germinação das sementes, essas ficam imersas em água por um período de 24 a 36 horas para a embebição. Para esse processo as sementes são colocadas em tambores, cochos, tanques ou outros recipientes providos de sistema de drenagem e, também, em sacos porosos dentro de rios, valos ou açudes. Nessa fase ocorre a hidratação das sementes, em que elas passam de uma umidade de 13 para 36%. Após a hidratação as sementes são levadas a sombra e incubadas por período também de 24 a 36 horas, sendo molhadas periodicamente, onde emitirão o coleóptilo e a radícula. As sementes estarão prontas para a semeadura quando essas estruturas não ultrapassarem dois milímetros de comprimento, superior a isso, poderá ocasionar o amontoamento, enovelamento e quebra de radículas. O período de hidratação e incubação pode variar, dependendo da cultivar a ser usada. A semeadura das sementes pré-germinadas são realizadas a lanço em lavouras de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em áreas sistematizadas e previamente inundadas (EPAGRI, 2015; SOSBAI, 2014).

O sistema pré-germinado de sementes apresenta algumas vantagens em relação a outros sistemas, como o maior controle de plantas daninhas, o preparo do solo e semeadura

são mais otimizados com relação as condições meteorológicas, a produção de grãos inteiros e de qualidade é superior. Porém, a semeadura deve ser realizada em áreas sistematizadas ou naturalmente planas, exige mão-de-obra tecnicizada, exige um controle adequado de moluscos, aves e larvas de insetos, que prejudicam o estabelecimento inicial de plântulas. Desse modo, esse sistema encarece o custo inicial da implantação da lavoura, e estabilizando o crescimento de áreas empregadas para esse sistema no Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2005).

2.1.2 Pragas e doenças na cultura do arroz

Um dos principais inseto praga da cultura do arroz é o Gorgulho aquático (*Oryzophagus oryzae*, inseto adulto). A sua presença na lavoura se dá logo após a inundação da área, alimentam-se das folhas e ovipositando em partes submersas da bainha foliar, no sistema pré-germinado o inseto pode danificar a sementes, e radículas, impedindo a emergência de plântulas. É indicado o controle físico, através de armadilhas luminosas. O tratamento químico de sementes é um dos métodos mais utilizados para o controle, assim como também é utilizado para o controle da bicheira-da-raiz, que são as larvas do inseto (SOSBAI, 2014).

A cultura do arroz pode ser atacada por várias doenças, que prejudicam a qualidade do grão, a principal é a brusone, causada pelo fungo *Pyricularia oryzae*, que é transmitido principalmente via semente. A presença de brusone em lavouras orizícolas pode comprometer até 100% da produção. Para o controle deve ser usado o tratamento químico de sementes aliados a práticas integradas para o manejo das doenças (SOSBAI, 2014).

2.2 QUALIDADE FÍSICA, FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES

As sementes possuem um papel fundamental na sobrevivência das espécies vegetais, pois são o principal veículo de propagação de muitas espécies agrícolas. Portanto, é necessário que elas sejam providas de boas características físicas, genéticas, sanitárias e fisiológicas, capazes de gerar plantas saudáveis, obtendo um estande adequado de plântulas, garantindo alta produtividade da lavoura. Fatores externos e internos aos quais as sementes foram expostas durante o processo de formação, beneficiamento e armazenamento irão definir as características de lote de sementes (FREITAS, 2012; MARCOS FILHO, 2015).

A qualidade física de um lote de semente refere-se ao teor de umidade, o tamanho, a cor, o formato e a densidade em que as sementes se encontram. Também está relacionada com

a pureza do lote, quanto à existência ou não de outras espécies botânicas ou substâncias inertes (ABREU, 2005).

A qualidade fisiológica da semente refere-se a sua longevidade, e a capacidade de gerar uma planta perfeita e vigorosa, avaliados pelo teste de germinação e vigor (ABREU, 2005). Para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes, é comumente usado o teste de germinação, seguindo as instruções estabelecidas pelas Regras de Análises de Sementes (RAS). Esses testes analisam a capacidade das sementes de produzirem plântulas normais, possuindo um nível alto de confiabilidade, porém são realizados em nível de laboratório onde são fornecidas condições ambientais ótimas (KRYZANOWSKI et al., 1999).

Como um meio de complementar o teste de germinação, são usados os testes que avaliam o vigor, capazes de fornecerem informações referentes ao potencial fisiológico das sementes sob situações ambientais adversas. Para isso existe uma variedade de testes para determinar o vigor em plântulas, e a sua eficiência irá depender da escolha daquele que atenda melhor aos objetivos requeridos pelo avaliador (KRYZANOWSKI et al., 1999).

Dentre os métodos existentes para a avaliação do vigor, nem todos são padronizados e alguns dependem de adequação da metodologia para a espécie em estudo. Entre os testes de vigor que possui padronização pelas regras de análises de sementes (RAS) (Brasil, 2009a) está o teste de primeira contagem de germinação. Outros como a velocidade de germinação, a emergência de plântulas, a transferência de matéria seca, o teste de condutividade elétrica, como o teste de frio, e teste de envelhecimento acelerado são comumente usados e existem adaptações para as espécies de sementes (KRYZANOWSKI, et al., 1999).

As sementes podem servir como um veículo de disseminação ou transmissão de organismos patogênicos, dentre os microrganismos transportados pelas sementes estão os fungos, bactérias, vírus e nematoides (BRASIL, 2009 b).

É importante avaliar a qualidade sanitária de sementes antes de serem implantadas no campo, que detectarão a presença ou ausência de patógenos nas sementes. Sabendo-se que a semente apresenta um bom potencial sanitário, quando distribuída no campo evita-se a introdução do inóculo, passível de contaminação da área. Quando existir dúvida quanto a qualidade sanitária de um lote, e para evitar o comprometimento sanitário da lavoura, é possível aliar-se ao tratamento químico de sementes para o controle de doenças e pragas, e impedir a sua disseminação (BRASIL, 2009 b).

2.3 TRATAMENTO DE SEMENTES

O tratamento de sementes é uma técnica que utiliza o emprego de agentes físicos, químicos ou biológicos, baseado nos princípios de desinfestação, desinfecção e a proteção contra organismos fitopatogênicos (PESKE et al., 2012)

Essa técnica, já vem sendo utilizada a 2000 anos a.C, pois os povos gregos, romanos e egípcios usavam a seiva da cebola para repelir insetos-pragas que prejudicavam a emergência de sementes. Com o passar dos anos, o tratamento de sementes foi sendo aprimorado com o uso de produtos químicos, e a partir da década de 90 foram introduzidos fungicidas e inseticidas do grupo dos neonicotinoídes, que promoveram um controle mais eficiente por atuar também de maneira sistêmica. Por conta disso, tem sido observado efeitos positivos na produtividade agrícola (SCHOENINGER; BISCHOFF, 2014; SHARMA et al., 2015).

O mercado de inseticidas e fungicidas para o tratamento de sementes teve um crescente aumento nos últimos anos, pois é uma prática que representa 0,5 a 1% do custo de produção das culturas agrícolas. No Brasil quase 100% de sementes de soja e milho são tratadas com fungicidas, e 30% com inseticidas. Esses números estão sendo intensificados nos últimos anos, abrangendo também outras culturas, como, por exemplo, o arroz (MENTEN, MORAIS, 2010).

Porém, o uso indiscriminado de agroquímicos em sementes tem causado sérios prejuízos ao meio ambiente. Essa prática deve ser usada em conjunto às práticas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), e o uso de doses recomendadas (PESKE et al, 2012; SOSBAI, 2014; COPATTI et al., 2009). Estudos de novas tecnologias para o tratamento de sementes devem ser buscadas, afim de minimizar os impactos ambientais.

2.4 CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Com a intensificação de produtos químicos usados na agricultura, constatou-se que, do mesmo modo, foi crescente a contaminação ambiental, como recursos hídricos e organismos não alvos, pois apenas 0,1% dos produtos químicos aplicados às culturas atingiam o alvo (EKEBAFE et al., 2011; EVANGELISTA et al., 2007; ROY et al., 2014).

O objetivo do uso de produtos químicos utilizados no tratamento de sementes para o controle de fungos e insetos é que esses atinjam o foco, mas estão sujeitos a diferentes comportamentos no solo. Alguns deles são adsorvidos pelas partículas do solo, sofrem degradação química e degradação microbiológica, e são transportados por meio da lixiviação e escoamento superficial. Esses comportamentos levam em conta propriedades físicas e

químicas do produto, atributos físicos e químicos do solo, condições climáticas, práticas de manejo do solo e dos produtos químicos (MILHOME et al., 2009).

A adsorção pelas partículas do solo é o resultado da atração de moléculas do produto químico insolúveis em água, pelas partículas do material mineral ou orgânico do solo. A degradação dos compostos químicos no solo resulta em produtos de menor persistência no meio ambiente (MILHOME et al., 2009).

Os produtos químicos podem ser transportados pela lixiviação e escoamento superficial, por meio de águas pluviais, ou de irrigação. A lixiviação refere-se ao movimento vertical dos compostos químicos através do perfil do solo, podendo contaminar águas subterrâneas. (CASTRO et al., 2009; GUPTA et al., 2008). O escoamento superficial representa o transporte dos compostos químicos, levados através das águas. Esses são passíveis de entrar na cadeia trófica e causar alterações em fontes da água potável e bioacumulação em organismos aquáticos, diante de condições climáticas favoráveis, das características do produto químico e do manejo do solo ou água (MILHOME et al., 2009; STONE, 2005).

Existem vários métodos de determinar o potencial de lixiviação dos princípios ativos dos produtos químicos usados em lavouras agrícolas (LAVORENTI et al., 2003; MILHOME, et al., 2009), dentre eles o índice GUS (Groundwater Ubiquity Score), que consegue avaliar a lixiviação conhecendo as propriedades do produto químico, pois esse método não considera as propriedades do solo. O cálculo é baseado em valores de meia-vida do produto no solo (DT_{50}), do coeficiente do produto em adsorção ao carbono orgânico do solo (K_{oc}), conforme a equação, $GUS = \log (DT_{50solo}) \times (4 - \log K_{oc})$ (GUSTAFSON, 1989). Os resultados classificam o princípio ativo de produtos químicos quanto ao seu potencial em sofrer lixiviação pelo perfil do solo. Valores de $GUS < 1,8$ indicam que o composto químico não é contaminante de água subterrânea, valores de $1,8 < GUS < 2,8$, considera o composto químico dentro de uma faixa de transição, e valores de $GUS > 2,8$ conferem ao composto químico potencial de contaminar águas subterrâneas.

O thiamethoxam é o princípio ativo de inseticidas usados no tratamento de sementes de arroz, caracterizando-se por possuir baixa sorção no solo, elevada solubilidade em água, e tempo de meia vida (DL_{50}) em torno de 180 dias. Estudos realizados por Milhome et al. (2009) classificaram o ingrediente ativo thiamethoxam, pelo índice GUS, com alto potencial de contaminação de águas subterrâneas, e Castro et al. (2008) puderam verificar um percentual de 18 a 56% da dose aplicada sendo lixiviada, em perfis de solos com diferentes texturas. Teló et al. (2015) e Martini et al. (2012), monitorando águas de irrigação de arroz,

encontraram a presença do ingrediente ativo thiamethoxam. Esse ingrediente ativo pode ser degradado pela atividade microbiana, sendo esta reduzida em ambiente anaeróbico (BONMATIN et al., 2014; CASTRO et al., 2008; GUPTA, et al., 2008), e também sofre a degradação química com a formação de metabólitos liberados na água, e esses podem ser igualmente tóxicos ao ambiente.

Alguns ingredientes ativos de fungicidas usados no tratamento de sementes do arroz como o metalaxil-M e o carbendazim possuem potencial de contaminação de águas subterrâneas e superficiais. O metalaxil-M é considerado pelo índice GUS, com moderado potencial de lixiviação, e a sua taxa de degradação também é influenciada pelas condições químicas do solo, temperatura e umidade (SILVA et al., 2014). E Ribeiro et al. (2013), encontraram elevada quantidade de carbendazim em águas de nascentes de rios, que ficavam próximo a áreas usadas para atividades agrícolas. O carbendazim possui propriedades físicas e químicas ($K_{oc} = 2,2 \times 10^2 \text{ mL g}^{-1}$ e $S = 8,0 \text{ mg L}^{-1}$), e é bastante estável em solo, possui uma elevada persistência no ambiente, com tempo de meia vida de 350 dias, e a sua degradação é dependente da atividade microbiana.

O ecossistema aquático é afetado pelos resíduos de produtos químicos do thiamethoxam, metalaxil-M e carbendazim, e apesar do Brasil não estabelecer limites de contaminações para potabilidade de águas destinada ao consumo humano, para todos os agrotóxicos usados nas atividades agrícolas (CONAMA, 2008), a Comunidade Européia (EC, 1998) é mais rígida, estabelecendo padrões entre $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ a $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ de resíduos de agrotóxicos encontrados na água, para a soma de todos os agrotóxicos presentes, incluindo seus metabólitos.

2.4 POLÍMEROS

A formação da palavra *polímero* tem origem grega, *poly* que significa *muitas*, e *meros* que é igual a *partes*. Polímeros são constituídos por macromoléculas, formados por pequenas partes de unidades repetitivas, denominadas monômeros. Os monômeros podem ser iguais ou diferentes, e passam por um processo denominado “polimerização” para se ligarem em uma ordem de milhares de moléculas e formarem os polímeros. Polímeros de interesse comercial geralmente têm pesos moleculares médios, superiores a $10.000 \text{ g mol}^{-1}$ (CANEVAROLO, 2006).

O grau de polimerização vai depender da quantidade de meros, o tamanho e estrutura da cadeia polimérica, das ligações hidrogênicas e das interações dipolo-dipolo, força de Van der

Waals que atuam nessas macromoléculas no estado sólido, e irão determinar a resistência. A solubilidade de polímeros dependerá da sua estrutura química (baixo ou alto peso molecular), do solvente adicionado, e do tipo de formação de cadeia (linear ou ramificada). Materiais poliméricos com alto peso molecular, e que formam cadeias lineares, diante de um solvente adequado, terão maior viscosidade. E quando ocorrer a evaporação do solvente das soluções viscosas, esses formarão o filme. Já materiais, que resultam em soluções sólidas, de baixo peso molecular, irão gerar cristais e pó (MANO e MENDES, 1999).

Os polímeros podem ser classificados em dois grandes grupos principais: polímeros naturais ou orgânicos e polímeros sintéticos ou inorgânicos. Os polímeros naturais são derivados de plantas e animais (PESTANA, 2009), possuem a degradação mais acelerada e resulta em produtos não tóxicos ao meio ambiente. Os polímeros sintéticos ou inorgânicos, como o diamante, grafite, ou vidros, a degradação no ambiente é muito lenta e podem ser contaminantes do meio ambiente (AGNELLI, 2002).

Polímeros usados na agricultura, como filmes de recobrimento, na maior parte, são originários de materiais facilmente encontrados na natureza, podendo ser modificados ou sintetizados em laboratório. A formação desses materiais contém os biopolímeros, ou polímeros biodegradáveis (ROY et al., 2014). Esses polímeros são provenientes de fontes renováveis, como o milho, a batata, a celulose e a cana-de-açúcar, resultantes da síntese de bactérias, ou originários de fontes fósseis, como petróleo (BRITO et al., 2011). Alguns desses materiais como os polissacarídeos de celulose, agarose, dextrana, alginatos, amido, quitosana, e proteínas como a albumina já foram testados no recobrimento de sementes (OLIVEIRA et al., 2009). E outros, derivados do petróleo, como o policaprolactonas, copoliésteres aromáticos e alifáticos, e os materiais inorgânicos, como óxidos e sílicas, (BRITO et al., 2011).

Polímeros associados às sementes, devem formar um filme uniforme, permitindo a incorporação de produtos químicos ou biológicos ao tratamento de sementes, promovendo o encapsulamento e aderência a esses produtos (KARAM et al., 2007) Porém o aumento da umidade ao redor das sementes ocasionados pelos filmes poliméricos não devem proporcionar a aglomeração delas, por isso devem ser constituídos de materiais hidrofóbicos, que não afetam a eficiência dos ingredientes ativos, e que atuem na preservação da qualidade fisiológica das sementes (BAUDET; PERES, 2004; OLIVEIRA et al., 2009; ROTH, 2014).

Segundo Roy et al. (2014), os polímeros usados para a microencapsulação em sementes deve atender a critérios como um adequado peso molecular, uma faixa de temperatura de transição vítrea e sua estrutura deve permitir a liberação controlada do

produto químico. Seus produtos de degradação, não devem causar contaminação ambiental, devem ser estáveis durante a utilização e armazenamento, e serem facilmente produzidos a baixo custo.

Oliveira et al. (2009) testou alguns polissacarídeos como o carboximetilcelulose e alginato de sódio para formação de filmes poliméricos em sementes de feijão. O primeiro é derivado de éter de celulose, e o outro é extraído de algas marinhas marrons. Suas avaliações basearam-se na capacidade de formar um filme homogêneo, resistente e denso ao redor das sementes, suas propriedades com relação a absorção e permeabilidade ao vapor de água, e seus efeitos na germinação de sementes. Com base nos resultados encontrados concluíram que tais materiais são viáveis para o uso em recobrimento de sementes, não afetando a germinação.

A técnica do tratamento de sementes e recobrimento com polímeros está sendo usada em muitas culturas de interesse agrícola, como em sementes de soja (AVELAR et al., 2015), de arroz (CASTAÑEDA et al. 2014), de feijão (OLIVEIRA et al., 2009), de cevada (TAVARES et al., 2014), de tomate (MELO et al., 2015), de Crambe (LUDWIG et al., 2014) e de milho (AVELAR et al., 2012), propiciando efeitos benéficos na qualidade de sementes e redução de perdas de compostos químicos ao meio ambiente.

Pereira et al. (2009), observou que o uso de polímeros para o recobrimento de sementes de soja não interferiu na qualidade sanitária e fisiológica das sementes, e não afetou a nodulação pelo *Rizobium*. E para a mesma cultura, Benatto Junior et al. (2012) com o uso dos polímeros de marca comercial LABORSAN® e LANXESS® nas doses de 2,0 e 3,5 mLkg⁻¹ de semente, com e sem mistura do fungicida carbendazim + thiram, observaram que a germinação não foi prejudicada, inclusive pelo teste de envelhecimento acelerado.

Polímeros em sementes fornecem uma camada de proteção que mantém o equilíbrio higroscópico, evitando danos às sementes, por mudanças bruscas de temperatura e umidade (BAUDET e VILLELA, 2006; EVANGELISTA et al., 2007). O uso de polímeros no recobrimento de sementes após o tratamento químico impede a lixiviação desses produtos, conforme relatos de Keawkham et al. (2014), Avelar et al. (2012) e Avelar et al. (2015). Com base nesses estudos a quantidade do agroquímico utilizada no tratamento de sementes ficará aderida às sementes afim de oferecer proteção contra pragas e doenças, sem haver necessidade de usar uma dose mais elevada do produto, para suprir eventuais perdas. Porém alguns polímeros não atuam dessa mesma forma, pois devido a suas propriedades físico-químicas são incompatíveis com os ingredientes ativos dos produtos usados no tratamento de sementes. A interação positiva entre os produtos químicos e recobrimento com

polímeros em sementes vai depender do material de origem do polímero, da dosagem utilizada, das suas características físico-químicas, e das características da semente a ser tratada, juntamente com as interações ambientais (AVELAR et al., 2015; AVELAR et al., 2012; ROTH, 2014; TRENTINI et al., 2005).

O Brasil possui fontes renováveis a baixo custo de materiais poliméricos, embora o uso de polímeros na agricultura ainda é pouco expressivo (BRITO et al, 2011). Empresas não revelam a metodologia, e nem tampouco, a fonte que se originam esses polímeros, que já estão sendo comercializados para o recobrimento de sementes, por se tratar de segredo comercial (BAUDET, PERES, 2004).

3 CAPÍTULO I

TRATAMENTO DE SEMENTES DE ARROZ E RECOBRIMENTO COM POLÍMEROS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E RETENÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS

RESUMO

A cultura de arroz irrigado está concentrada nos estados do Sul do Brasil, com produtividade média acima de 7.000 kg ha⁻¹. O uso de fungicidas e inseticidas tem contribuído para atingir elevadas produtividades, porém o uso indiscriminado está causando contaminações ambientais. O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz tratadas com fungicida e inseticida recobertas com polímeros, bem como quantificar a retenção de produtos químicos nas sementes após a uma precipitação simulada e lixiviação pela coluna de areia. O experimento foi realizado no laboratório didático e de pesquisas em sementes (LDPS), no Laboratório de Análises e resíduos de Pesticidas (LARP), pertencentes a Universidade Federal de Santa Maria. Foram usados seis tratamentos de sementes: o controle, as sementes que receberam o tratamento fitossanitário com o fungicida Maxim XL[®] (i.a: metalaxil-M 25g L⁻¹ + fludioxonil 10g L⁻¹) e inseticida Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350g L⁻¹); as sementes que receberam o tratamento fitossanitário recobertas com os polímeros Florite 1127[®]; Resina Sólida GV5[®]; Polyseed CF[®]; e o Verm Dynaseed[®]. A avaliação da qualidade sanitária e fisiológica foi avaliada por testes de germinação e vigor. Para determinar a retenção dos ingredientes ativos Metalaxil-M e thiamethoxam, foi montado um equipamento denominado extrator, constituído de tubos de PVC, formando uma coluna de areia de 0,10 m, foi realizada a semeadura das cinco sementes em cada tubo e após foi simulada uma precipitação de 50mm durante 10 min, amostras do lixiviado foram coletadas e levadas para análise, através da Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas. O experimento foi organizado no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com oito e quatro repetições e as médias foram separadas pelo teste de Scott Knott (p≤0,05). O tratamento químico de sementes com o recobrimento de polímeros, não afetaram a germinação e o vigor de sementes de arroz. Os polímeros Resin Solid GV5[®], Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed[®] impediram que uma percentagem de 27%, 22% e 23% a mais, do i.a thiamethoxam, comparados ao tratamento fitossanitário, fossem lixiviados pela coluna de areia. O tratamento químico e recobrimento com polímeros é uma técnica que pode contribuir com a redução da contaminação ambiental.

Palavras-chave: Germinação. Vigor. Thiamethoxam. Lixiviação.

RICE SEED TREATMENT AND RECOATING WITH POLYMERS IN PHYSIOLOGICAL AND CHEMICALS PRODUCTS RETENTION QUALITY

ABSTRACT

Flooded rice crops are concentrated in the southern states of Brazil, with average productivity above 7.000 kg ha⁻¹. The use of fungicides and insecticides has contributed to achieve high productivity, although indiscriminate use is causing environmental contamination. The following study aimed to evaluate the physiological and sanitary quality of rice seeds treated with fungicide and insecticide coated with polymers, as well as quantify the retention of chemicals on the seeds after a simulated rainfall and leaching at the sand column. The experiment was conducted at the *Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS)*, at the *Laboratório de Análises e resíduos de Pesticidas (LARP)*, both part of the *Universidade Federal de Santa Maria*. Six seeds treatments were used: control, seed receiving phytosanitary treatment with the fungicidal Maxim XL[®] (i.a: metalaxil-M 25g L⁻¹ + fludioxonil 10g L⁻¹) and insecticide Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350g L⁻¹); the seeds that received phytosanitary treatment coated with Florite 1127[®] polymers; Solid Resin GV5[®]; PolySeed CF[®]; and Verm Dynaseed[®]. The assessment of the health and physiological quality was evaluated by germination and vigor tests. To determine the retention of active ingredients metalaxyl-M and thiamethoxam an extractor has been mounted, consisting of PVC pipes, forming a sand column of 0.10 m, sowing of five seeds on each tube was performed and later it was simulated a 50mm rainfall for 10 min, leaching samples were collected and taken for analysis by liquid chromatography-mass spectrometry. The experiment has been arranged in a completely randomized design (CRD) with eight and four replications and the means were separated by Scott Knott test (p≤0.05). The chemical seed treatment with the coating polymers did not affect the germination and vigor of rice seed. The Solid Resin GV5[®] polymers PolySeed CF[®] and Verm Dynaseed[®] prevented a percentage of 27 %, 22 % and 23 % more of thiamethoxam i.a. were leached through the sand column compared to the phytosanitary treatment. The chemical treatment and coating with polymers is a technique that can contribute to reducing environmental contamination.

Keywords: Germination. Vigor. Thiamethoxam. Leaching.

3.1 INTRODUÇÃO

A cultura de arroz irrigado está concentrada nos estados do Sul do Brasil, e o Rio Grande do Sul detém quase 70% da produção nacional. A produtividade média do estado gaúcho teve um crescente aumento nas últimas décadas, estabilizando-se nos últimos anos, com níveis médios acima de 7.000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015). A introdução de modernos fungicidas e inseticidas de ação sistêmica para o tratamento de sementes, a partir da década de 90, tem contribuído para elevar os níveis de produtividade, aliado a novas tecnológicas e uma melhor qualidade genética das cultivares (SHARMA et al., 2015).

Sementes que apresentam boas características genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias são essenciais para a implantação de uma lavoura (MARCOS FILHO, 2015). As sementes também podem servir como veículo de disseminação de organismos fitopatogênicos, esses ao encontrarem condições adequadas de desenvolvimento, são passíveis de comprometer o estado fitossanitário de uma lavoura. Farias et al. (2007) observaram através de análise sanitária, que 100% das sementes de cultivares de arroz usadas em alguns locais de semeadura no Rio Grande do Sul, estavam contaminadas por fungos causadores de manchas em grãos, e Dallagnol et al. (2006) verificaram que houve uma redução de 40% na produtividade de arroz, causado por doenças foliares transmitidas via fungos através de sementes. Inseticidas pertencentes ao grupo dos neonicotinóides, como o thiamethoxam, usado no tratamento de sementes de arroz, tem possibilitado o controle de *Oryzophagus oryzae*, pois essa importante praga pode reduzir a produtividade de arroz irrigado em torno de 25% (MARTINS et al., 2004).

Nesse contexto, o tratamento de sementes torna-se uma importante ferramenta na proteção de plântulas nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, embora tenha havido uma evolução na indústria química, com o uso de fungicidas e inseticidas de ação sistêmica para o tratamento de sementes, em que a translocação se dá via órgãos condutores na planta, sendo uma prática ambientalmente mais segura, relacionando aos outros produtos químicos. Porém a utilização contínua de inseticidas e fungicidas podem causar resistência aos organismos, e contaminação do solo, de organismos não alvos, e do lençol freático (COPATTI et al., 2009; FRITZ et al. 2008; SHARMA et al. 2015)

Perdas de produtos químicos para o ambiente acontecem de diversas formas, entre elas está o processo de lixiviação que se refere ao potencial em que os compostos químicos percorrem o perfil do solo por meio das águas pluviais ou de irrigação, e contaminam as águas superficiais (CASTRO et al., 2008; GUPTA et al., 2008).

A lixiviação ocorre em função das propriedades físico-químicas do solo, das propriedades físico-químicas do produto, das condições ambientais, de práticas manejos do solo e das formas de aplicação do produto (MILHOME et al., 2009). Existem vários métodos de determinar o potencial de lixiviação dos produtos químicos usados em lavouras agrícolas (LAVORENTI et al., 2003; MILHOME et al., 2009), dentre eles o índice GUS (Groundwater Ubiquity Score) (GUSTAFSON, 1989), que consegue avaliar o potencial que alguns ingredientes ativos possuem em ser lixiviados pelo perfil do solo. Esse índice é calculado com base nos valores de meia-vida no solo (DT50) e coeficiente de adsorção do ingrediente ativo ao carbono orgânico do solo (Koc).

O thiamethoxam possui baixa sorção no solo e elevada solubilidade em água, características que facilitam a sua lixiviação. Estudos realizados por Milhome et al. (2009), classificaram o ingrediente ativo thiamethoxam, pelo índice GUS, com alto potencial de contaminação de águas subterrâneas (MARTINI et al., 2012; MILHOME et al., 2009). Castro et al. (2008) puderam verificar um percentual elevado do thiamethoxam, sendo lixiviado pelos perfis de solos com diferentes texturas físicas, e maiores percentagens de lixiviação foram detectados em solos mais arenosos.

De modo semelhante, o ingrediente ativo metalaxil-M, usado em fungicidas no tratamento de semente, para o controle de doenças em arroz, também possui potencial de sofrer lixiviação, conforme o índice GUS, porém de maneira moderada (GUPTA et al., 2008).

Nesse sentido o uso de polímeros é uma técnica promissora na agricultura, pois contribui para reduzir impactos dos produtos químicos ao meio ambiente (VINODKUMAR et al., 2013; EKEBAFE et al., 2011; TIWARI et al., 2011). O tratamento químico de sementes e o recobrimento com polímeros não interferiu na qualidade fisiológica de sementes com o uso em várias espécies agrícolas, como a soja (AVELAR et al., 2015; BENATTO JUNIOR et al., 2012), o milho (PEREIRA et al., 2005), o algodão (LIMA et al., 2006) e o arroz (ARSEGO, 2006; CASTAÑEDA et al., 2014).

Materiais poliméricos usados para recobrimento em sementes podem ter origem natural, obtidos a partir de polissacarídeos, celulose, a quitosana, entre outros materiais, e a partir daí podem ser sintetizados, porém devem possuir algumas propriedades, como uma adequada temperatura de transição vítrea que permita a movimentação da cadeia polimérica, baixo peso molecular, viscosidade, e presença de grupos funcionais que são capazes de absorver água (ROTH, 2014). O uso como recobrimento em sementes que receberam o tratamento químico, minimiza a contaminação do homem e ambiente pela redução do pó, e impede a lixiviação de produtos químicos (KEAWKHAM et al., 2014; AVELAR et al., 2012;

AVELAR et al., 2015). Porém, para uso em larga escala, a difusão desses conhecimentos somente deve ser recomendada quando for possível mensurar a eficiência da tecnologia. Alguns autores citam que a associação promove maior aderência e retenção dos produtos químicos as sementes, mas ainda são escassos os estudos que quantificam essa retenção.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz tratadas com fungicida e inseticida recobertas com polímeros, bem como quantificar a retenção de produtos químicos nas sementes após a uma precipitação simulada e lixiviação pela coluna de areia.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS), e no Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas (LARP), ambos pertencentes a Universidade Federal de Santa Maria.

Foram utilizadas sementes de arroz irrigado, cultivar BRS Sinuelo CL[®] (EMBRAPA), adaptada para o cultivo no estado do Rio Grande do Sul. Essa cultivar pertence possui ciclo médio ≥ 135 dias, considerado da emergência a maturação fisiológica (SOSBAI, 2010).

As sementes foram inicialmente caracterizadas, quanto ao vigor, germinação, umidade e peso de mil sementes (BRASIL, 2009a). Para realização do tratamento fitossanitário foi usado o fungicida de nome comercial Maxim XL[®] (i.a: metalaxil-M 25 g L⁻¹ + fludioxonil 10 g L⁻¹) na dose de 3 mL kg⁻¹ do produto comercial associado ao inseticida de nome comercial Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350g L⁻¹) na dose de 4 mL kg⁻¹ do produto comercial (AGROFIT, 2016). Após o tratamento fitossanitário as sementes foram recobertas pelos polímeros: Florite 1127[®] (Nitral Urbana) na dose de 3 mL kg⁻¹ de semente; Resin Solid GV5[®] (Laborsan Brasil) na dose de 2 mL kg⁻¹ semente; Polyseed CF[®] (Rigrantec) na dose 0,4 mL kg⁻¹ de semente; e o Vermelho Dynassed[®] DAC – BTE (Dynatech) na dose de 3 mL kg⁻¹ de semente. Para formar a calda foi adicionado 10 mL kg⁻¹ de semente de água destilada, e então aplicada sobre as sementes dentro de sacos plásticos com capacidade de 3 L, fazendo-se a agitação, para a melhor homogeneização. Após esse procedimento, as sementes tratadas permaneceram em repouso por 24 horas sendo expostas em ambiente naturalmente ventilado para a secagem. Para critérios de comparação, as sementes que foram utilizadas para o controle não receberam nenhum tratamento químico e polímeros. A composição e distribuição dos tratamentos se encontram na tabela 1.

Tabela 1 - Relação dos tratamentos realizados em sementes de arroz BRS Sinuelo CL. Santa Maria, 2016.

Tratamentos de sementes
Controle
Trat Fitossanitário com fungicida e inseticida (Trat Fito)
Trat Fito + Flo Rite 1127 [®]
Trat Fito + Resin Solid GV5 [®]
Trat Fito+ Polyseed CF [®]
Trat Fito+ Verm Dynaseed [®]

Após os tratamentos das sementes, descritos na Tabela 1 (pré-lixiviação) as mesmas foram avaliadas através dos seguintes testes: *Teste de germinação*, conduzido com oito repetições de 50 sementes, distribuídas em duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Após a semeadura, os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos e levados a câmara de desenvolvimento biológico (B.O.D), com temperatura constante de 25 °C. A avaliação de germinação foi realizada aos 14 dias após a semeadura, e os resultados foram expressos em percentagem média de plântulas normais. Para avaliar o vigor através da *Primeira contagem* e o *Índice de velocidade de germinação (IVG)*, esses testes foram conduzidos conjuntamente com o teste de germinação. A percentagem de plântulas normais vigorosas foi avaliada ao quinto dia após a instalação do teste de germinação, conforme recomendação de Brasil (2009a). Para obter o Índice de velocidade de germinação, as contagens das sementes normais germinadas, foram efetuadas diariamente, no mesmo horário, até os 14 dias, empregou-se a fórmula de Maguire (1962), conforme descrito por Nakagawa (1999). Para o critério de avaliação de plântulas normais e germinadas considerou-se plântulas sem deformidades e com boa sanidade, que apresentavam o tamanho da radícula e da parte aérea maior ou igual ao comprimento da semente.

Para a determinação do *Comprimento das plântulas*, foi avaliado o comprimento médio de 10 plântulas normais obtidas a partir da semeadura de oito repetições contendo vinte sementes, semeadas em duas linhas desencontradas no terço superior do papel filtro, umedecido. Os rolos contendo as sementes permaneceram em câmara de germinação por cinco dias, à temperatura de 25°C, quando então o comprimento da radícula, e o comprimento da parte aérea foram medidos com o auxílio de uma régua milimétrica. Para realizar a determinação da *Massa seca das plântulas*, foram usadas as 10 plântulas analisadas do teste anterior e colocadas em sacos de papel, e levadas para secar em estufa à 60±5°C, até a

obtenção de massa constante (48h), e após, pesadas em balança de precisão 0,001g, sendo os resultados expressos em miligramas por plântula (mg plântula^{-1}) conforme Nakagawa (1999).

Para determinar o vigor pelo *Teste de frio*, foi realizada a semeadura de oito repetições de 50 sementes, da mesma forma que o teste de germinação acima descrito, diferindo quanto ao acondicionamento, pois primeiramente, foram colocados em câmara regulada previamente à temperatura de 10 °C, onde permaneceram por sete dias (CÍCERO; VIEIRA, 1994). Após este período, os rolos foram colocados em germinadores regulados a 25°C, e a avaliação foi realizada no quinto dia. E para o vigor através do *Testes de Envelhecimento acelerado*, as sementes foram acondicionadas em caixas plástica, tipo gerbox (11 cm x 11 cm x 3cm), com bandeja telada e tampadas. Foram adicionados 40 mL de água destilada nas caixas e cerca de 250 sementes foram distribuídas uniformemente sobre a tela de alumínio de cada caixa. As caixas vedadas permaneceram na estufa a 42°C, durante 120 horas. Após esse período, oito repetições de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação, em BOD sob luz constante e temperatura de 25±1°C, sendo a avaliação de percentagem de plântulas normais realizada cinco dias após a semeadura, conforme Brasil (2009a). Os resultados de ambos os testes foram expressos em percentagem de plântulas normais, conforme recomendação Brasil (2009).

Para a avaliação sanitária das sementes foi realizado o *Teste de sanidade em papel-filtro*, através do “Blotter Test” (Brasil, 2009b), sendo semeadas 8 repetições de vinte e cinco sementes distribuídas em caixas do tipo “gerbox”. A germinação das sementes foi inibida pelo método do congelamento por 24 horas (Brasil, 2009b), e após os 7 dias da semeadura, foram contabilizados a percentagem de fungos com o auxílio da bibliografia especializada de Barnett e Hunter (1998).

Para o experimento em laboratório para realizar a lixiviação, em que o objetivo foi quantificar a retenção de fungicida e inseticida nas sementes de arroz recobertas por polímeros, foi montado um equipamento denominado “Extrator”. Ele foi constituído por três suportes de madeira com altura de 0,18 m, que deram sustentação a uma tábua de madeira na horizontal com medidas de 1,27 m x 0,20 m. Nessa tábua, com 12 furos, espaçados a 0,05 m um do outro, foram acoplados os tubos de PVC, com 0,15 m de altura e 0,04 m de diâmetro interno. Os tubos de PVC foram primeiramente parafinados, para criar uma camada hidrofóbica, fechados na parte inferior com rede de tule e papel filtro, e amarrados com atilhos. Eles foram preenchidos até 0,10m de altura, com areia lavada e esterilizada que passaram por uma peneira de um milímetro (FIRMINO et al., 2008). Após foi feita a saturação da areia, com água destilada, a 100% da capacidade de retenção (Brasil, 2009a).

Em seguida, foi realizado a semeadura de cinco sementes em cada tubo, com quatro repetições de cada tratamento formando 24 unidades experimentais. Após a semeadura, foi simulada uma precipitação pluvial equivalente a 50 mm durante 10 minutos, que correspondeu a 84 ml de água destilada adicionada sobre a área de semeadura. A água percorreu a coluna de PVC e o lixiviado foi coletado em frascos de vidro inseridos abaixo de cada tubo.

Os frascos contendo o lixiviado foram levados ao LARP para a detecção e quantificação dos ingredientes ativos do metalaxil - M (25g L^{-1}), e do thiamethoxam (350g L^{-1}), presentes e extraídos das amostras de água do lixiviado. A detecção foi com o auxílio da Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas (Ultra-high Pressure Liquid Chromatography (UHPLC-MS/MS)) (KEMMERICH et al., 2015).

No LDPS, o conjunto de extratores foi acondicionado em uma sala com luz constante e temperatura de 25°C , por um período de 14 dias para a avaliação das plântulas de arroz. No 14º dia foi avaliado a emergência, o comprimento da radícula, o comprimento da parte aérea e a massa seca de plântulas.

Para a análise do experimento pré-lixiviação e pós-lixiviação, os tratamentos de sementes foram organizados no delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram testados através dos pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias, e quando necessário foi realizada a transformação. Após foi feita a ANOVA, as médias foram separadas pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$) por meio do *software* Sisvar (FERREIRA, 2008).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lote de sementes do cultivar BRS Sinuelo CL[®] apresentou como caracterização inicial, o peso de mil sementes de 26,58 gramas e um percentual de umidade de 11%. A germinação foi de 88% e vigor, avaliado pelo teste de primeira contagem foi de 84%. Na análise sanitária foram encontrados fungos, alguns deles como o *Fusarium* sp (40%), o *Aspergillus* sp. (1%), e a *Dreschlera* sp. (9,5%). Essas características conferiram ao lote uma boa qualidade inicial, atendendo o padrão mínimo para comercialização de sementes de arroz (BRASIL, 2013).

Analisando os resultados encontrados para os parâmetros de germinação (G), vigor (PC), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e massa seca de plântulas (MS) antes de serem submetidos a lixiviação, constata-se que não houve diferenças significativas entre os

tratamentos de sementes (Tabela 2). Esses resultados qualificam os polímeros usados, pois um dos critérios para os materiais usados em películas de recobrimento de sementes, é de que esses não reajam negativamente com os produtos químicos, e que não afetem a qualidade fisiológica (ROY et al., 2014). Castañeda et al. (2014), Keawkham et al. (2014) e Melo et al. (2015) também não observaram alterações no potencial fisiológico em sementes de arroz, dentre outras espécies agrícolas, quando as mesmas receberam o tratamento fitossanitário e recobrimento com polímero, e esse reduziu a formação de pó liberada pelos produtos químicos durante o manuseio das sementes. Verma e Verma (2014) consideraram benéfica a associação e a compatibilidade do material polimérico com o fungicida, que resultou em percentagens mais altas de germinação em sementes de soja.

O IVG é um dos métodos utilizados para avaliar o vigor de sementes, pois quanto mais rápido elas germinarem, mais vigorosas serão e com uma maior uniformidade formarão o “stand” de plântulas. No entanto, essa variável não foi afetada pelos tratamentos de sementes, não salientando o efeito benéfico do recobrimento de polímeros em regular a embebição, pois a avaliação se faz com o uso de sementes de gramínea, que devido às suas características, possuem um sistema de autoregularização de entrada e saída de água, evitando injúrias nesse processo, diferenciando-se de espécies mais sensíveis a danos durante a embebição, como as sementes de soja (EVANGELISTA et al., 2007).

Tabela 2- Dados médios da primeira contagem (PC, %), da germinação (G, %), do índice de velocidade de germinação (IVG), do comprimento da parte aérea (CPA, mm planta⁻¹), do comprimento da raiz primária (CR, mm planta⁻¹) e da massa seca (MS, mg planta⁻¹). Sementes de arroz (BRS Sinuelo). Santa Maria, 2016.

Tratamento de sementes	G	PC	IVG	CPA	CR	MS
Controle	88 a	84 a	10 a	21 a	75 a	24 a
Trat Fito	92 a	81 a	9 a	15 c	66 b	23 a
Trat Fito + Flo Rite 1127 [®]	90 a	84 a	9 a	18 b	65 b	23 a
Trat Fito + Resin Solid GV5 [®]	93 a	85 a	9 a	17 b	63 b	23 a
Trat Fito+ Polyseed CF [®]	91 a	85 a	10 a	17 b	64 b	23 a
Trat Fito+ Verm Dynaseed [®]	90 a	87 a	10 a	17 b	58 c	23 a
CV (%)	4,52	4,89	5,66	7,59	6,75	3,29

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

Por outro lado, nos testes de comprimento da parte aérea (CPA) e radícula (CR) houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2), apresentando valores maiores para o

tratamento controle. Nesse caso é possível que o tratamento químico tenha causado um efeito fitotóxico no crescimento inicial de plântulas, conforme mencionam Ludwig et al. (2014), que em rolo de papel filtro, o efeito do inseticida e do fungicida pode ter sido potencializado, e ter sido prejudicial ao crescimento inicial das plântulas, conforme resultados os tratamentos fitossanitários e fitossanitários e recobrimento com polímeros(Tabela 2).

O teste de frio (Tabela 3) foi sugerido por Cícero e Vieira (1994), como sendo o mais adequado para analisar a eficiência do tratamento fitossanitário. Os resultados encontrados nesse trabalho comprovam esta afirmação, pois na análise sanitária (tabela 4) o uso do tratamento fitossanitário, associado ou não a polímeros, foi eficaz no controle de fungos presentes nas sementes, preservando a sua qualidade sanitária, sem comprometer a expressão do vigor, em especial àqueles fungos agentes causais de doenças no arroz como o, *Fusarium* sp. e *Dreschlera* sp. (Tabela 4).

Tabela 3 - Dados médios da percentagem de plântulas normais pelo Teste de frio (TF, %), e Teste de Envelhecimento Acelerado (TEA, %), em sementes de arroz (BRS Sinuelo). Santa Maria, 2016.

Tratamento de sementes	TF	TEA
T1=Controle	78 b	81 a
T2=Trat Fito	87 a	66 b
T3=Trat Fito + Flo Rite 1127®	86 a	69 b
T4=Trat Fito + Resin Solid GV5®	88 a	80 a
T5=Trat Fito+ Polyseed CF®	86 a	85 a
T6=Trat Fito+ Verm Dynaseed®	88 a	56 c
CV (%)	5,46	8,04

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

Esse fato pode ter ocorrido em função de que os microrganismos encontraram nas condições de baixas temperaturas, um ambiente mais favorável para o seu desenvolvimento, quando as sementes não estavam protegidas pelo tratamento fitossanitário, ou tratamento fitossanitário e polímeros. É comum, em regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul oscilações de temperaturas no início do período recomendado para a semeadura do arroz, em que as sementes permanecem um período mais longo no solo, até prevalecer temperaturas favoráveis do ar para a emergência, nesse período, as sementes ficam expostas ao ataque de pragas e doenças, podendo ocorrer perdas do potencial germinativo, quando elas não estão protegidas com o tratamento químico (SOSBAI, 2014). Conforme Tabela 3, os polímeros contribuíram

na preservação do vigor, quando as sementes foram expostas a baixas temperaturas pelo Teste de Frio (TF). Porém, sob temperatura elevada, com alta umidade do ar, condições essas estabelecidas pelo Teste de Envelhecimento Acelerado (TEA), beneficiaram o tratamento fitossanitário recoberto pelo polímero Resin Solid GV5[®] e Polyseed CF[®] que não diferiram estatisticamente do controle. Filmes de recobrimento atuam na proteção de sementes quando estas são expostas a temperaturas extremas (EVANGELISTA et al., 2007), porém vai depender do tipo de material polimérico utilizado (AVELAR et al., 2012; ROTH, 2014; TRENTINI et al., 2005).

Tabela 4 - Dados médios da análise sanitária (fungos (%)) encontrados em sementes de arroz (BRS Sinuelo CL), submetidas ao tratamento de sementes. Santa Maria, 2016.

Tratamento de sementes	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Dreschlera</i>
Controle	40 a	0,0 a	1,0 a	9,5 a
Trat fito	11 b	0,0 a	0,7 a	0,0 b
Trat fito+ Florite 1127 [®]	7,5 b	0,0 a	0,7 a	0,0 b
Trat fito+ Resin Solid GV5 [®]	10,5 b	0,0 a	0,7 a	0,0 b
Trat fito+ Polyseed CF [®]	9,5 b	1,0 a	0,5 a	0,0 b
Trat fito+ Verm Dynaseed [®]	12 b	0,5 a	0,9 a	0,0 b
CV(%)	43,43	27,29	27,29	32,69

¹ Médias não seguidas pela mesma letra na coluna, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ² Para a análise foi realizada a transformação de dados para $\sqrt{x + 1}$.

Os resultados referentes a avaliação dos tratamentos de sementes, que foram semeadas nos tubos com areia, após terem passado pelo processo lixiviação, estão apresentados na tabela 5. Observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, ou seja, tanto as sementes que receberam o tratamento fitossanitário, o tratamento fitossanitário e o recobrimento com polímeros, e o controle, não diferiram com relação ao vigor. Apesar dos tratamento fitossanitário mais polímeros, se desenvolverem com uma quantidade reduzida do i.a thiamethoxam, o vigor foi mantido em decorrência das condições controladas de temperatura, umidade e substrato papel isento de organismos fitopatogênicos, esses dados corroboram com Trentini et al. (2005) em que utilizou sementes de soja de boa qualidade tratadas com o fungicida Tegram[®] e recobertas com o polímero AGL 205[®], quando expostas a ambiente favorável para a emergência rápida e uniforme, não encontraram diferenças significativas para as variáveis estudadas.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados da concentração do i.a do thiamethoxam ($\mu\text{g L}^{-1}$) detectado através da cromatografia nas amostras do lixiviado. Os resultados da

concentração do i.a metalaxil-M presente no fungicida não foram apresentados na tabela, pois a concentração média nas amostras do lixiviado foi inferior ao limite de detecção ($0,75\mu\text{g L}^{-1}$) e quantificação ($0,25\mu\text{g L}^{-1}$) do método utilizado para extração (KEMMERICH et al., 2015).

Tabela 5 - Dados médios de emergência (EM, %), do comprimento da parte aérea (CPA, mm), do comprimento da raiz primária (CR, mm) e da massa seca (MS, mg). Sementes de Arroz BRS Sinuelo cultivadas em tubos de PVC, após a lixiviação. LDPS, Santa Maria, 2016.

Tratamento de Sementes	EM	CPA	CR	MS
Controle	80 a	48 a	79 a	24,30 a
Trat fito	90 a	54 a	81 a	22,93 a
Trat fito+ Florite 1127 [®]	90 a	53 a	77 a	23,08 a
Trat fito+ Resina Sólida GV5 [®]	95 a	57 a	104 a	23,16 a
Trat fito+ Polyseed CF [®]	100 a	54 a	93 a	23,70 a
Trat fito+ Verm Dynaseed [®]	80 a	55 a	89 a	24,31 a
CV(%)	7,13	7,91	9,08	3,31

¹Médias não seguidas pela mesma letra na coluna, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ²Para a análise foi realizada a transformação de dados para $\sqrt{x + 1}$.

Os tratamentos de sementes, Trat fito+ Resina Sólida GV5[®], Trat fito+ Polyseed CF[®], Trat fito+ Verm Dynaseed[®] (Tabela 6) que receberam o recobrimento com polímeros foram 27%, 22% e 23%, respectivamente, mais eficientes na retenção do i.a thiamethoxam junto as sementes com relação ao tratamento fitossanitário sem o recobrimento com polímeros, quando submetidos a precipitação simulada de 50 mm durante 10 minutos, e posterior análise cromatográfica, isso corresponde a uma quantidade média de $520,5\mu\text{g L}^{-1}$ que deixaram de ser lixiviados pela coluna de areia. Os polímeros Resin Solid GV5[®], Polyseed CF[®] e o Vermelho Dynaseed[®] foram eficientes, promovendo uma maior aderência do produto químico, impedindo que parte dele, fosse lixiviado pela coluna de areia.

Tabela 6 - Concentração de Thiomethoxam em amostras do lixiviado, detectado através da Cromatografia Líquida acoplada a espectrometria de massas, realizado em Laboratório de Análise de Resíduos e Pesticidas (LARP/UFSM). Santa Maria, 2016.

Tratamento de sementes/I.A	Thiomethoxan ($\mu\text{g L}^{-1}$)
T1 = Controle	n.d
T2 = Trat fitossanitário	1522,62 a
T3 = Trat fito+ Florite 1127®	1675,97 a
T4 = Trat fito+ Resina Sólida GV5®	937,10 b
T5 = Trat fito+ Polyseed CF®	1041,27 b
T6 = Trat fito+ Verm Dynaseed®	1028,02 b
CV(%)	18,72

¹ Médias não seguidas pela mesma letra na coluna, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ² Quantidade média inicial do i.a Thiametoxam usada no tratamento de cinco sementes 186,06 μg ou 2214,28 $\mu\text{g L}^{-1}$

O processo de lixiviação de produtos químicos pelo perfil do solo depende de alguns fatores, dentre eles da composição físico-químicas do solo (MILHOME et al., 2009). O presente trabalho foi conduzido em areia, afim de reduzir a retenção química através das partículas do solo, e facilitar a simulação e quantificação de perdas dos produtos fitossanitários.

No entanto, as perdas no ambiente ocorrem em solos com diferentes texturas. Em relatos de Castro et al. (2008), usando o thiamethoxam através do produto comercial Actara 250 WG, aplicados no início do período chuvoso em Latossolo Vermelho Acriférrico típico (LV_{wf}) e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (PVA_{d}), detectaram uma quantidade de 53,8 e 19,4% do produto químico, respectivamente, percolado através de lisímetros instalados a 0,45m abaixo do solo, depois da precipitação pluvial. A capacidade do thiamethoxam em ligar-se com as partículas minerais de argila e matéria orgânica, através da sorção, é maior em solos argilosos comparados a solos mais arenosos e solos com uma maior quantidade de matéria orgânica possuem uma maior capacidade de impedir a lixiviação (BROZNIĆ et al., 2012; ROY et al., 2014).

Na Tabela 7 pode ser observado que, as sementes tratadas com o fungicida e inseticida sem o recobrimento com os polímeros (Tratamento fitossanitário), estavam protegidas pela ação de pragas com apenas 31% da dosagem inicial do i.a thiamethoxam aplicado às sementes ($691,66 \mu\text{g L}^{-1}$) e os outros 69% foram lixiviados pela coluna de areia. E os polímeros Resin Solid GV5®, Polyseed CF® e Vermelho Dynaseed® estavam protegendo as sementes com 58%, 53% e 54%, respectivamente, da dose inicial do thiamethoxam aplicados às sementes,

porém não houve interferência na emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de arroz (Tabela 5).

Tabela 7 - Concentração do ingrediente ativo do inseticida - i.a thiamethoxam (cinco sementes de arroz) antes da lixiviação, no lixiviado e após a lixiviação.

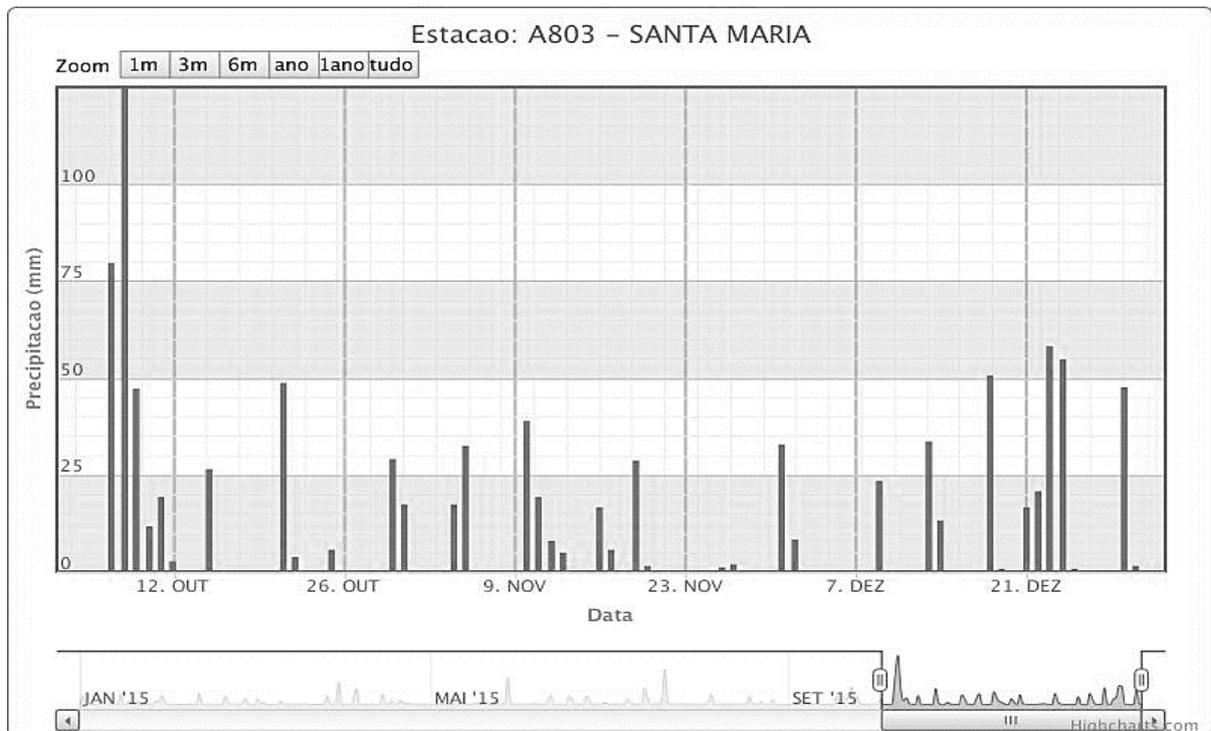
Tratamento de sementes Arroz	Concentração média inicial nas sementes		Concentração média em amostras do lixiviado		Concentração nas sementes após a lixiviação	
	$\mu\text{g L}^{-1}$	%	$\mu\text{g L}^{-1}$	%	$\mu\text{g L}^{-1}$	%
Controle	0,00	0	0,00	0	0,00	0
Tratamento fitossanitário	2214,28	100	1522,62	69	691,66	31
Trat fito+ Florite 1127®	2214,28	100	1675,97	76	538,31	24
Trat fito+ Resina Sólida GV5®	2214,28	100	937,10	42	1277,18	58
Trat fito+ Polyseed CF®	2214,28	100	1041,27	47	1173,01	53
Trat fito+ Verm Dynaseed®	2214,28	100	1028,02	46	1186,26	54

Esses dados comprovam que alguns polímeros são eficazes em reter os produtos químicos aderidos às sementes contribuindo para o controle de pragas e minimizado danos ao ambiente. Na tentativa de quantificar perdas do inseticida Furazin 310 TS® contendo 210 g zinco L^{-1} , utilizados para o tratamento de sementes, Avelar et al (2012) observaram que sementes de milho recobertas com o polímero PolySeed CF tiveram cinco vezes mais eficiência na retenção do inseticida comparadas as sementes que não receberam polímeros, quantificadas através da quantidade de zinco, extraído em 100 cm^3 de areia, após uma precipitação de 50 mm, embora nesse mesmo trabalho o polímero Color Seed C3 não ter oferecido a retenção, e o zinco foi lixiviado até duas vezes mais do que o tratamento com apenas o inseticida. Os autores atribuem esses resultados à falta de compatibilidade dos produtos, e a baixa adesão de alguns polímeros ao produto químico usado (AVELAR et al., 2012).

Mattos et al. (2015) encontraram resíduos de thiamethoxam em sedimentos de solos, em áreas orizícolas do Rio Grande do Sul, na camada de 0 a 10cm de profundidade nas quantidades de 228,09 a 44,38 $\mu\text{g L}^{-1}$ coletados no terceiro e 28º dia após a aplicação, sendo uma quantidade alta de resíduo tóxico estando presente por um período prolongado, protegeria às sementes e plântulas contra o ataque do *Oryzophagus oryzae*, e seria prejudicial a muitos organismos não alvos. O thiamethoxam é um inseticida amplamente usado em lavouras orizícolas do Rio Grande do Sul e resíduos são facilmente encontrados em águas superficiais e são passíveis de contaminação de águas subterrâneas (MARTINI et al., 2012; TELÓ et al., 2015). A época recomendada para a semeadura do arroz na região da Depressão

Central é na primavera, com o início da estação chuvosa, entre 11 de outubro a 20 de novembro, para cultivares de ciclo médio (STEINMETZ; BRAGA, 2001). Em anos de “El niño”, as chuvas são mais intensas de outubro a dezembro (PAULA et al.,2010), conforme observado na figura 2. Se a semeadura na forma do sistema convencional, da safra de arroz 2015/2016, tivesse acontecido nesse período, com elevadas taxas pluviométricas, provavelmente grande parte dos produtos químicos, tal como o thiamethoxam, aplicados inicialmente às sementes, teriam sido lixiviados para o perfil do solo. No entanto, a técnica do tratamento químico e recobrimento com polímeros é uma das formas de minimizar os impactos causados ao meio ambiente, reduzindo a contaminação de águas subterrâneas.

Figura 1 - Precipitação média diária, obtida pela estação automática A803 – Santa Maria, em Santa Maria Rio Grande do Sul no trimestre de outubro a dezembro de 2015 (Fonte: INMET, 2016).



3.4 CONCLUSÕES

O tratamento de sementes com o fungicida Maxim XL[®] (i.a: metalaxil-M 25 g L⁻¹ + fludioxonil 10 g L⁻¹), o inseticida Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350 g L⁻¹) recobertas com os polímeros Florite 1127[®], Resin Solid GV5[®], Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed[®], não afetaram a qualidade fisiológica de sementes de arroz, através de testes de germinação, emergência e vigor.

Os tratamentos fitossanitário e recobrimento com os polímeros Resina Sólida GV5[®], Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed[®], foram quantificados e sua eficiência foi de 27%, 22% e 23% de retenção, comparados ao tratamento fitossanitário que não houve o recobrimento com polímeros.

O tratamento químico e recobrimento com polímeros é uma técnica que pode contribuir com a redução da contaminação ambiental, evitando que resíduos tóxicos de produtos químicos possam agir como contaminação de águas subterrâneas através da lixiviação.

3.5 REFERÊNCIAS

AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários .Consulta de produto formulado: **Cruiser 350[®]FS**. Disponível em:
<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 23 jan. 2016.

ARSEGO, A. et al. Recobrimento de sementes de arroz irrigado com ácido giberélico, fungicidas e polímero. **Rev. bras. Sementes**, v.28 n.2. Pelotas, 2006.

AVELAR, S. A. G. et al. Tratamento e recobrimento de sementes de soja com polímeros líquido e em pó. **Interciencia** [s.l.], v. 40, n. p. 133-136, fev. 2015.
<http://redalyc.org/articulo.oa?id=33934014011>> ISSN 0378-1844

AVELAR, Suemar Alexandre Gonçalves et al. The use of film coating on the performance of treated corn seed. **Revista Brasileira de Sementes**, [s.l.], v. 34, n. 2, p.186-192, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31222012000200001>

BARNETT, H.L.; HUNTER, B.B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. Minnesota: APS Press, 218p. 1998.

BAUDET, L; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A.C.S.A. (Ed.) **Sementes: fundamentos científicos e Tecnológicos**, 2ed, Pelotas, 2006, p.427 a 472.

BENATTO JUNIOR, J. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com fungicida e recobertas com polímeros. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, n. 2, p. 269-273, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n° 45**. Brasília. MAPA. 38p., 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, p.200, 2009b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, p.395, 2009 a.

BROZNIĆ, D. et al. Hysteretic Behavior of Imidacloprid Sorption-Desorption in Soils of Croatian Coastal Regions. **Soil And Sediment Contamination: An International Journal**, [s.l.], v. 21, n. 7, p.850-871, out. 2012. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.1080/15320383.2012.697934>

CASTRO, N. R. A., et al. Lixiviação do inseticida thiamethoxam em macrolisímetros de duas classes de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1818-1823, 2008.

CASTAÑEDA, L. et al. Innovative Rice Seed Coating (*Oryza Sativa*) with Polymer Nanofibres and Microparticles Using the Electrospinning Method. **Journal Of Research Updates In Polymer Science**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.33-39, 2 abr. 2014. Lifescience Global.
<http://dx.doi.org/10.6000/1929-5995.2014.03.01.5>.

CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.151-164. 1994.

COPATTI, C.E., GARCIA, L.O., BALDISSEROTTO, B. Uma importante revisão sobre o impacto de agroquímicos da cultura de arroz em peixes. **Biota Neotropica**, v.9, p.235-242, 2009.

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**, v.2 - Safra 2014/15, n.11 – Décimo segundo Levantamento, Brasília, p. 1-134, set. 2015. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_08_57_48_boletim_graos_setembro_2015.pdf>. Acesso em: 07 jan 2015.

DALLAGNOL, L. J., et al. Dano das doenças foliares na cultura do arroz irrigado e eficiência de controle dos fungicidas. **R. Bras. Agrocência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p.313-318, 2006.

EKEBAFE, L. O.; OGBEIFUN, D. E.; OKIEIMEN, F. E.. Polymer Applications in Agriculture. **Biokemistri**, Nigéria, v. 23, n. 2, p.81-89, 30 jun. 2011.

EVANGELISTA, J. R. et al. Desempenho de sementes de soja peliculizadas em solo com diferentes teores de água. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 4, n. 31, p.994-999, 2007.

FARIAS, C. R. et al. Incidência de fungos associados a sementes de arroz em seis regiões produtoras do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v. 13, n. 4, p.487-490, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FRITZ, L. L. et al. Agroecossistemas orizícolas irrigados: Insetos-praga, inimigos naturais e manejo integrado. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p.720-732, 2008.

FIRMINO, L.E., et al. Movimento do herbicida imazapyr no perfil de solos tropicais. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 223-230. Jan. 2008.

GUPTA, S.; GAJBHIYE, V. T.; GUPTA, R. K. Soil Dissipation and Leaching Behavior of a Neonicotinoid Insecticide Thiamethoxam. **Bull Environ Contam Toxicol**, [s.l.], v. 80, n. 5, p.431-437, 23 abr. 2008. Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/s00128-008-9420-y.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology And Chemistry**, [s.l.], v. 8, n. 4, p.339-357, abr. 1989. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/etc.5620080411.

INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 20 de jan. 2016.

KEMMERICH, M. et al. Optimization by central composite design of a modified QuEChERS method for extraction of pesticide multiresidue in sweet pepper and analysis by ultra-high-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. **Food Anal. Methods** (2015) 8:728–739. Doi 10.1007/s12161-014-9951-2.

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

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J. B. **Comportamento de pesticidas em solos: fundamentos**. In: CURI, N. et al. Tópicos ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p. 335-400, 2003.

LIMA, L. B., et al. Peliculização e tratamento químico de sementes de algodoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, p.1091-1098, 2006.

LUDWIG, E.J. et al. Vigor e produção de sementes de crambe tratadas com fungicida, inseticida e polímero. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.271–277, 2014.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. Abrates, Londrina, PR, 2015. 659p.

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

MARTINI, L. F. D. et al. Risco de contaminação das águas de superfície e subterrâneas por agrotóxicos recomendados para a cultura do arroz irrigado. **Cienc. Rural**, [s.l.], v. 42, n. 10, p.1715-1721, out. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782012001000001>.

MARTINS, J.F. da S. et al. Descrição e manejo integrado de insetos-praga em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES Jr., A.M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.635-675.

MELO, A. P. C. et al. Recobrimento de sementes de tomate com concentrações crescentes de polímero sintético. **Cienc. Rural**, [s.l.], v. 45, n. 6, p.958-963, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131335>.

MILHOME, M.A.L. et al. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE, Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v. 14, n. 3, p. 363-372, 2009.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C. et al. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. 1999.

PAULA, M. G. D. et al. Influência do fenômeno El Niño na erosividade das chuvas na região de Santa Maria (RS). **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 34, n. 4, p. 1315-1323, 2010.

PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; EVANGELISTA, J. R. E. Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas associadas a polímeros durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6, p.1201-1208, nov/dez., 2005.

ROY, Anamika et al. Controlled pesticide release from biodegradable polymers. **Central European Journal Of Chemistry**, [s.l.], v. 12, n. 4, p.453-469, 16 jan. 2014. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.2478/s11532-013-0405-2>.

ROTH, J. K. **Design of Seed Coatings** – Connecting polymer properties with overall performance through method development. 2014. 38 f. Tese (Doutorado) - Department Of Chemical And Biological Engineering, Chalmers University Of Technology, Gotemburgo, 2014.

RUFINO, C. et al. Treatment of wheat seed with zinc, fungicide, and polymer: seed quality and yield. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 1, p. 106-112, 2013.

SHARMA, K.K. et al. Seed treatments for sustainable agriculture-A review. **Journal Of Applied And Natural Science**, Índia, v. 1, n. 7, p.521-539, 30 abr. 2015. Disponível em: <[http://www.ansfoundation.org/Uploaded Pdf/71/521-539.pdf](http://www.ansfoundation.org/Uploaded%20Pdf/71/521-539.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2015.

STEINMETZ, S.; BRAGA, H. J. Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p.429-438, 2001.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas de pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: Sosbai. p 192. 2014.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas de pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: Sosbai. p 173. 2010.

TIWARI, D.K. et al. Effect of gibberellic acid (GA3) and other plant growth regulators on hybrid rice seed production. **Asian J. Plant Sci.**, 10: 133–139, 2011.

TRENTINI, P. et al. Peliculização: desempenho de sementes de soja no estabelecimento da cultura em campo na região de Alto Garças, MT. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.84-92, jan/fev. 2005.

TELÓ, Gustavo Mack et al. Residues of Fungicides and Insecticides in Rice Field. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 107, n. 3, p.851-863, 2015. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj14.0475>.

VANANGAMUDI, K. et al. **Current scenario of seed coating polymer**. ICAR Short Course on Seed Hardening and Pelleting Technologies for Rainfed Garden Land Ecosystem, p. 80-100, 2003.

VINODKUMAR, S B et al. Effect of Seed Polymer Coating on Field Performance and Quality of Pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp]. **Environment & Ecology**, West Bengal, Índia, v. 1, n. 31, p.43-46, 2013.

VERMA, O; VERMA, R. Effect of seed coating material and storage containers on Germination and seedling Vigour of soybean (*Glycine max* L.). **Saarc Journal Of Agriculture**, [s.l.], v. 12, n. 2, p.16-24, 6 fev. 2015. Bangladesh Journals Online (JOL). <http://dx.doi.org/10.3329/sja.v12i2.21913>.

4. CAPÍTULO II

RECOBRIMENTO DE SEMENTES DE ARROZ COM POLÍMEROS E A RETENÇÃO DE FUNGICIDA E INSETICIDA NO SISTEMA DE CULTIVO PRÉ-GERMINADO

RESUMO

A maior parte do arroz cultivado na região Sul do Brasil é irrigado por inundação, existem diferentes formas de manejo do solo, água e implantação das sementes, dentre elas o sistema de cultivo pré-germinado. O objetivo desse trabalho foi verificar os efeitos da associação do tratamento fitossanitário e recobrimento com polímeros em sementes de arroz na germinação e no vigor. E para quantificar o potencial de redução de resíduos do inseticida e do fungicida, liberados das sementes de arroz para a água de embebição, através da simulação do sistema de cultivo pré-germinado. Foram usados seis tratamentos de sementes: o controle, o tratamento fitossanitário (fungicida Derosal Plus[®] (ingrediente ativo (i.a): carbendazim 150g L⁻¹ + thiram 350 g L⁻¹) e inseticida Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350g L⁻¹)), o tratamento fitossanitário e recobrimento com o polímero Florite 1127[®], com o polímero Resin Sólida GV5[®], com o polímero Polyseed CF[®] e com o polímero Verm Dynaseed[®]. Foi realizado testes para avaliações da germinação, vigor através da semeadura das sementes em rolos de papel filtro e teste de sanidade. Para quantificar o potencial dos polímeros na retenção dos i.a, thiametoxam e carbendazim, as sementes elas foram postas para embeber envoltas em sacos porosos e a água de embebição foi analisada para detecção dos i.a através da cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas. Após a pré-germinação as sementes foram semeadas em copos de polietileno sob lâmina d' água de cinco mililitros onde permaneceram até o décimo quarto, avaliadas pelo o índice de velocidade de emergência e emergência em copos, outras sementes, que sofreram o mesmo processo foram semeadas em canteiros externos para a avaliação da emergência em campo no décimo quarto dia. O experimento foi organizado no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições e as médias foram separadas pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$). Os polímeros associados ao tratamento fitossanitário de sementes de arroz não afetaram negativamente a germinação e alguns testes de vigor em papel filtro, em copos de polietileno e em campo. O polímero Florite[®] teve 12% a mais de eficiência na retenção do i.a thiamethoxam nas sementes de arroz, o Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed[®] foram 13 e 35%, respectivamente, mais eficientes na retenção do i.a carbendazim junto às sementes de arroz, quando comparados ao tratamento fitossanitário sem o recobrimento de polímeros. Através da observação da simulação do sistema de semeadura de arroz pré-germinado e análises dos resultados deste trabalho é possível concluir que, alguns polímeros são promissores na minimização de resíduos de produtos químicos liberados pela água de embebição de sementes de arroz, pois em uma situação real fungicidas e inseticidas são passíveis de contaminação de ambientes aquáticos, quando a água de embebição das sementes tratadas quimicamente são liberadas em canais de irrigação de lavouras com o uso do sistema de cultivo de arroz pré-germinado.

Palavras-chave: Germinação. Vigor. Carbendazim. Thiamethoxam. Materiais poliméricos

RICE SEEDS COATING WITH POLYMERS AND FUNGICIDE AND PESTICIDE RETENTION IN PRE-GERMINATED CROPS

ABSTRACT

Most of the rice grown in southern Brazil is irrigated by flood, there are different soil management forms, water and Implementation of seeds, amongst them pre-germinated cultivation system. The following study aimed to assess the effects of the phytosanitary treatment and coating with polymers in rice seed germination and vigor. In order to quantify the potential for pesticide and fungicide waste reduction, released from the rice seeds for soaking water, through the simulation of pre-germinated cultivation system. Six seeds treatments have been applied: Control, phytosanitary treatment (fungicide Derosal Plus® (active ingredient (i.a.): carbendazim 150g L^{-1} + thiram 350 g L^{-1}) and insecticide Cruiser 350® FS (i.a. thiamethoxam 350g L^{-1})), phytosanitary treatment and coating with the polymer Florite 1127®, with polymer resin Solid GV5®, with PolySeed CF® polymer, and Verm Dynaseed® polymer. Tests have been conducted for the assessment of germination ratings, vigor through the sowing of seeds in rolls of filter paper and sanity test. In order to quantify the potential of polymers in retaining i.a., thiamethoxam and carbendazin, seeds were put soak wrapped in porous bags and the soaking water has been analyzed for the detection of i.a. through liquid chromatography coupled to mass spectrometry. After the pre-germination seeds were sown in polyethylene cups under five milliliters water blades where they remained until the fourteenth, evaluated through the speed index of emergency, other seeds, which went through the same process were sown in external beds for a field emergency assessment on the fourteenth day. The experiment was organized on completely randomized design (CRD) with four repetitions and the mean values were separated by Scott Knott's test ($p \leq 0,05$). Polymers associated to the phytosanitary treatment of rice seeds did not negatively affect the germination and some vigor tests on filter paper in polyethylene cups and in field. Polymer Florite® had 12 % more efficiency in the retention of i.a. thiamethoxam in rice seeds, PolySeed CF® and Verm Dynaseed® were respectively 13% and 35% more efficient in the retention of i.a. carbendazim within rice seeds, when compared to the phytosanitary treatment without the Polymer coating. Through simulation observation of pre rice seeding system germinated and analyses of results in this research, it is feasible to conclude that some are promising polymers in minimizing chemical waste released by the soak water for rice seeds, as for in a real situation fungicides and insecticides are susceptible to contamination of aquatic environment, when the soaking water from treated seeds are chemically released into crop irrigation channels with the use of pre- germinated rice cultivation system.

Keywords: Germination. . Carbendazim. Thiamethoxam. Polymeric Materials

4.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo do arroz é principalmente de forma irrigada por inundação, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul como o maior produtor brasileiro, que junto ao estado de Santa Catarina, detêm aproximadamente 80% da produção nacional (CONAB, 2015). Nessas áreas existem alguns métodos de cultivos, diferenciando-se pela forma de manejo do solo, manejo inicial das águas, e formas de semeadura. Dentre os principais sistemas de cultivo estão o sistema convencional, o cultivo mínimo, o plantio direto, o transplante de mudas e o sistema pré-germinado (JOSHI et al., 2013).

No estado de Santa Catarina predomina o sistema de cultivo pré-germinado que apresenta algumas vantagens, principalmente, no que se refere à melhoria na produtividade e qualidade industrial de grãos e melhor controle inicial de plantas daninhas, propiciando uma redução de custos com herbicidas. O estado “gaúcho” participa com uma pequena área de produção, em torno de 10% do total da área de arroz produzido, pois o sistema pré-germinado exige áreas naturalmente planas e sistematizadas, que elevam o custo inicial, exigindo mão de obra qualificada e, assim, limitando a área de expansão neste estado (EPAGRI, 2005; JOSHI et al., 2013; WILLEMAN, 2007).

Independente do sistema de cultivo usado para a implantação da cultura do arroz, o uso de sementes que apresentam boa qualidade inicial é essencial para o sucesso de uma lavoura. Para isso elas devem ser providas de boas características genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias (MARCOS FILHO, 2015). O tratamento químico de sementes é um aliado a proteção de plantas, uma vez que ele deve proteger às sementes nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura, garantindo um rápido e uniforme “stand”. Na década de 90, a indústria química apresentou evoluções, com a introdução no mercado de inseticidas e fungicidas de ação sistêmica para o tratamento de sementes, melhorando a eficiência no controle de pragas e doenças, e promovendo elevação dos níveis de produtividade das culturas agrícolas (SHARMA et al., 2015).

O uso de produtos químicos em larga escala está contribuindo para a redução da biodiversidade e contaminação de recursos hídricos, através de suas diversas formas de dissipação. Teló et al. (2015) e Martini et al. (2012), monitorando águas de irrigação de arroz, encontraram diversos ingredientes ativos presentes nas amostras, inclusive o thiamethoxam, muito usado no controle de insetos para essa cultura. Ribeiro et al. (2013) encontraram elevada quantidade de carbendazim em águas de nascentes de rios que ficavam próximo a áreas usadas para atividades agrícolas. Esses compostos químicos são empregados em larga

escala no controle de insetos e fungos em sementes de arroz, possuindo propriedades químicas que facilitam sua disseminação e contaminação de águas superficiais. Desse modo o seu uso deve ser de maneira integrada a outras práticas conservacionistas (MARTINI et al., 2012; PARSONS; MINEAU; RENFREW, 2010).

A associação do tratamento químico de sementes com polímeros é uma técnica que vem sendo difundida e trabalhos realizados com essa associação já mostraram alguns resultados positivos que minimizam a contaminação ambiental, por reduzir a formação de pó (AVELAR et al., 2015). Outros trabalhos contribuíram por evitar a lixiviação de produtos usados no tratamento de sementes (AVELAR et al., 2012; KEAWKHAM et al., 2014). Porém o recobrimento de sementes com polímeros, associados ao tratamento fitossanitário, não deve afetar negativamente a germinação e vigor de sementes (OLIVEIRA; SOLDI, 2009). Sementes de algumas espécies agrícolas que receberam o tratamento químico e recobrimento com polímeros, não tiveram a suas qualidades fisiológicas afetadas (MELO et al., 2015; BENATTO JUNIOR et al., 2012; KARAM et al., 2007).

Os polímeros podem possuir origens diversas, podendo ser encontrados na natureza ou sintetizados em laboratório (EKEBAFE et al., 2011). Para serem usados como filmes de recobrimento, devem formar uma camada fina, aderente e uniforme ao redor das sementes, oferecendo proteção e encapsulamento, possibilitando a incorporação de inseticidas, fungicidas, entre outros produtos às sementes (KARAM et al., 2007). Esses materiais poliméricos não devem ser incompatíveis com os produtos aplicados às sementes, nem tampouco contaminar o ambiente com os compostos formados pela sua degradação. No entanto, alguns critérios físico-químicos, como peso molecular e temperatura de transição vítrea, devem ser obedecidos (ROTH, 2014; ROY et al., 2014).

No sistema de cultivo pré-germinado, as sementes de arroz passam por um processo de embebição, onde são colocadas em sacos porosos e deixadas para embeber, em tanques de água, rios, ou canais de irrigação, por um período de 24 a 48 horas (EPAGRI, 2015). Após, elas são retiradas da água, mantendo-as úmidas e incubando-as, por igual período, e então são lançadas ao solo já inundado e sistematizado, na fase em que a radícula e o coleóptilo estão sendo emitidos (EPAGRI, 2005; SOSBAI, 2014). O tratamento de sementes com inseticidas e fungicidas é realizado anteriormente ao processo de embebição das sementes, sendo de suma importância o controle de insetos-praga e fungos transmitidos pelas sementes nessa fase do estabelecimento de plântulas de arroz (NAKAGOME; NOLDIN; RESGALLA JUNIOR, 2007), com isso existe a preocupação com relação ao destino final da água de embebição e possíveis contaminações de mananciais hídricos. Porém, são escassos os estudos que

quantificam a retenção de produtos às sementes, quando recobertas com polímeros e seus efeitos benéficos que essa associação traria para minimizar uma das formas de contaminação ambiental, sem prejuízos para o desenvolvimento das sementes de arroz.

O objetivo desse trabalho foi verificar os efeitos da associação do tratamento fitossanitário e recobrimento com polímeros em sementes de arroz na germinação e no vigor. E quantificar o potencial de redução de resíduos do inseticida e do fungicida, liberados das sementes de arroz para a água de embebição, através da simulação do sistema de cultivo pré-germinado.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS), e no Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas (LARP), ambos pertencentes a Universidade Federal de Santa Maria, na área experimental do Departamento de Fitotecnia na Universidade Federal de Santa Maria, região climática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, com altitude de 116m, latitude 29°42'24"S e longitude 53°48'42"W.

Foram utilizadas sementes de arroz irrigado, cultivar EPAGRI 108, adaptada para o cultivo nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina no sistema pré-germinado, de ciclo tardio e medianamente susceptível a brusone, apresentando propensão para obter alta produtividade e qualidade de grãos (SOSBAI, 2014).

As sementes após passarem pelo processo de superação de dormência foram caracterizadas quanto ao vigor, germinação, umidade e peso de mil sementes (BRASIL, 2009a).

Para a realização do tratamento fitossanitário foi usado o fungicida de nome comercial Derosal Plus[®] (i.a: carbendazim 150 g L⁻¹ + thiram 350 g L⁻¹) na dose de 3 mL kg⁻¹ do produto comercial associado ao inseticida de nome comercial Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350 g L⁻¹) na dose de 4 mL kg⁻¹ do produto comercial (AGROFIT, 2016). Após o tratamento fitossanitário as sementes foram recobertas pelos polímeros: Florite 1127[®] (Nitral Urbana) (pol 1) na dose de 3 mL kg⁻¹ de semente, o Resin Solid GV5[®] (Laborsan Brasil) (pol 2) na dose de 2 mL kg⁻¹ semente, o Polyseed CF[®] (Rigrantec) (pol 3) na dose 0,4 mL kg⁻¹ de semente, e o Vermelho Dynassed[®] DAC – BTE (Dynatech) (pol 4) na dose de 3 mL kg⁻¹ de semente. Para formar a calda foi adicionado 15 mL kg⁻¹ de semente de água destilada, para uma melhor distribuição dos produtos às sementes, e então, aplicada sobre elas, que estavam mantidas dentro de sacos plásticos com capacidade de três litros, fazendo-se a agitação para a melhor homogeneização. Após esse procedimento, as sementes tratadas permaneceram em

repouso por 24 horas sendo expostas em ambiente naturalmente ventilado para a secagem. Para critérios de comparação, as sementes que foram utilizadas para o controle, não receberam nenhum tratamento químico e polímeros. A composição e distribuição dos tratamentos se encontram na tabela 1.

Tabela 1. Relação dos tratamentos realizados em sementes de arroz EPAGRI 108. Santa Maria, 2016.

Tratamentos de sementes
Controle
Trat Fitossanitário com fungicida e inseticida (Trat Fito)
Trat Fito + Flo Rite 1127 [®]
Trat Fito + Resin Solid GV5 [®]
Trat Fito+ Polyseed CF [®]
Trat Fito+ Verm Dynaseed [®]

Após os tratamentos das sementes, descritos na Tabela 1, as sementes foram avaliadas através dos seguintes testes: *Teste de germinação*, conduzido com oito repetições de 50 sementes, distribuídas em duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Após a semeadura, os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos e levados a câmara de desenvolvimento biológico (B.O.D), com temperatura constante de 30 °C. A avaliação de germinação foi realizada aos 14 dias após a semeadura, e os resultados foram expressos em percentagem média de plântulas normais. Para avaliar vigor através do teste de *primeira contagem*, realizado conjuntamente com o teste de germinação, a percentagem de plântulas normais vigorosas foi avaliada ao quinto dia após a instalação do teste de germinação, conforme recomendação de Brasil (2009 a).

Para a determinação do *comprimento das plântulas*, foi avaliado o comprimento médio de 10 plântulas normais obtidas a partir da semeadura de oito repetições contendo 20 sementes, semeadas em duas linhas desencontradas no terço superior do papel. Os rolos contendo as sementes permaneceram em câmara de germinação por cinco dias, à temperatura de 30°C, quando então, o comprimento da radícula e o comprimento da parte aérea foram medidos com o auxílio de uma régua milimétrica. Para realizar a determinação da *massa seca das plântulas*, foram usadas as 10 plântulas analisadas do teste anterior e colocadas em sacos de papel, e levadas para secar em estufa a 60±5°C, até a obtenção de massa constante (48h), e

após, pesadas em balança de precisão 0,001g, sendo os resultados expressos em miligramas por plântula (mg plântula^{-1}), conforme Nakagawa (1999).

Para determinar o vigor pelo *teste de frio*, foi realizada a semeadura de oito repetições de 50 sementes, da mesma forma que o teste de germinação acima descrito, diferindo quanto ao acondicionamento, que primeiramente foram colocados em câmara regulada previamente à temperatura de 10 °C, onde permaneceram por sete dias (CÍCERO; VIEIRA, 1994). Após este período os rolos foram colocados em germinadores regulados a 30°C, e a avaliação foi realizada no quinto dia. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais, conforme recomendação Brasil (2009a).

Para a avaliação sanitária das sementes foi realizado o *teste de sanidade em papel-filtro*, através do “Blotter Test” (BRASIL, 2009b), sendo semeadas oito repetições de 25 sementes distribuídas em caixas do tipo “gerbox”. A germinação das sementes foi inibida pelo método do congelamento por 24 horas, e após os sete dias da semeadura, foram contabilizados a percentagem de fungos, com o auxílio da bibliografia especializada de Barnett e Hunter (1998).

Para quantificar a retenção do fungicida e inseticida que ficaram aderidas às sementes de arroz, foi simulado o sistema de pré-germinação no ambiente de laboratório. Cinco sementes ($\pm 0,14575$ g) de cada tratamento (Tabela 1) com quatro repetições, foram envolvidas em redes de tule e colocadas para embeber, em frascos de vidro contendo 150 ml de água ultrapura, em BOD a 30° C onde permaneceram por um período de 36 horas embebendo. Após esse período, as redes de tule contendo as sementes foram retiradas do frasco com água, e as sementes foram colocadas para incubar, distribuídas em caixas de “gerbox”, por um período de 24 horas. Os frascos com água foram levados para o LARP para a detecção e quantificação do ingrediente ativo do fungicida, o carbendazin (i.a 150 g L^{-1}) e do inseticida, o thiamethoxam (i.a 350 g L^{-1}) presentes e extraídos da amostra com o auxílio da cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (Ultra-high Pressure Liquid Chromatography (UHPLC-MS/MS) (KEMMERICH et al., 2015).

Após a incubação das sementes, elas já pré-germinadas, foram semeadas em copos plásticos com capacidade de 250 mL, contendo 220 gramas de areia lavada e esterilizada, previamente saturada com água destilada, a uma profundidade de um centímetro. Os copos permaneceram em BOD à temperatura de 30°C e fotoperíodo de 12 horas, mantendo sobre a areia uma lâmina d'água de cinco milímetros, o conteúdo de água evaporado era resposto diariamente. Estes copos com as sementes permaneceram até os 14 dias, a contar do início da embebição. Nesse período foi realizado o índice de Velocidade de Emergência (IVE),

conforme Maguire (1962), onde foram realizadas contagens diárias de plântulas que apresentavam o coleóptilo visível acima da superfície da areia, e no 14º dia foi feita a contagem da emergência final de plântulas. Após a contagem de plântulas emergidas, essas foram arrancadas e lavadas para a coleta de dados das variáveis de comprimento de parte aérea, comprimento de radícula e massa seca de plântulas, conforme Nakagawa (1999).

Do mesmo modo, outra amostra de sementes foi pré-germinadas, e após as fases de embebição e incubação, foram semeadas em canteiro (pertencente ao Departamento de Fitotecnia, na própria UFSM), em linhas. Em cada linha foi semeada 50 sementes pré-germinadas, com quatro repetições de cada tratamento, com solo pré-saturado com água, sendo as irrigações mantidas diariamente. Como a época de semeadura abrangeu o período de inverno, o canteiro foi recoberto com um túnel de polietileno transparente fim de tornar a temperatura dentro do túnel mais adequada para a emergência de sementes de arroz. Ao décimo quarto dia foi contabilizado o número de plântulas emergidas.

O experimento foi organizado no delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram testados através dos pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias, e quando necessário foi realizada a transformação. Após foi feita a ANOVA, as médias foram separadas pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$) por meio do *software* Sisvar (FERREIRA, 2008).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de arroz, cultivar EPAGRI 108, apresentaram inicialmente sob o aspecto fisiológico (Tabela 2) vigor e germinação acima de 80%, conferindo ao lote uma qualidade adequada para se iniciar a semeadura, atendendo o padrão mínimo para comercialização de sementes de arroz (BRASIL, 2013).

Tabela 2- Caracterização inicial de sementes de Arroz, cultivar EPAGRI 108. Dados médios de umidade, peso de mil sementes, germinação e vigor (primeira contagem) em sementes de arroz. Santa Maria, 2016.

Sementes de arroz	Médias
Umidade (%)	13
Peso de mil sementes (g)	29,15
Germinação (%)	87
Primeira contagem (%)	85

Através da caracterização sanitária inicial (Tabela 3) foram encontrados focos de contaminação por fungos, como o *Fusarium* sp., *Phoma* sp. e *Gerlachia* sp.. Esses fungos podem causar manchas foliares, mancha de grãos e contribuir para a redução da produtividade na cultura de arroz (SOSBAI, 2014). Gêneros de fungos de armazenamento como *Aspergillus* e *Penicillium*, também foram encontrados. Embora o *Fusarium* sp. tenha sido encontrado com uma maior percentagem, observa-se que a germinação e vigor não foram afetados (Tabela 2), portanto, a presença de fungos nas sementes não desqualificou o lote quanto a sua qualidade fisiológica inicial.

Tabela 3- Dados médios de fungos (%) encontrados na análise sanitária de caracterização inicial, em sementes de arroz, cultivar EPAGRI 108, realizado através do “Blotter Test”. Santa Maria, 2016.

EPAGRI 108	
Fungos	Média (%)
<i>Fusarium</i> sp.	38,0
<i>Penicillium</i> sp.	21,0
<i>Aspergillus</i> sp.	19,0
<i>Phoma</i> sp.	4,0

A tabela 4 está representando a influência do tratamento fitossanitário e recobrimento com polímeros, para os testes de germinação e vigor, realizados em laboratório. É possível observar que para o teste de primeira contagem e germinação não houve diferenças significativas entre os tratamentos, demonstrando que os polímeros associados ao tratamento fitossanitário não interferiram negativamente na qualidade fisiológica. Esses dados vão ao encontro de resultados encontrados por outros autores, como Avelar et al. (2015) em sementes de soja, Castañeda et al. (2014) em sementes de arroz e Oliveira et al. (2009) em sementes de feijão, em que as sementes recobertas ou não por polímeros, ou polímeros mais o tratamento químico, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, não afetando a germinação e alguns testes de vigor aplicados. Essas são informações que obedecem ao critério essencial para o uso de polímeros no recobrimento de sementes e irão nortear pesquisadores e técnicos no momento da tomada de decisão.

Tabela 4- Dados médios de Germinação (G, %), primeira contagem (PC, %), teste de frio sem solo (TF, %), comprimento de parte aérea (CPA, mm), comprimento de raiz (CR, mm) e massa seca de plântula (MS, mg) de sementes. Arroz (EPAGRI 108), submetidas ao tratamento de sementes, Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes, UFSM, Santa Maria, 2016.

Tratamento de sementes	PC	G	TF	CPA	CR	MS
Controle	85 a	87 a	84 a	37,26 b	109,5 a	0,245 a
Trat Fitossanitário	85 a	89 a	85 a	33,30 c	108,4 a	0,253 a
Trat Fito + Flo Rite 1127®	84 a	87 a	84 a	33,61 c	111,5 a	0,245 a
Trat Fito + Resin Solid GV5®	84 a	87 a	83 a	36,02 b	116,5 a	0,241 a
Trat Fito+ Polyseed CF®	84 a	91 a	85 a	38,10 b	112,9 a	0,245 a
Trat Fito+ Vermelho Dynaseed®	84 a	89 a	78 b	45,85 a	116,5 a	0,244 a
CV (%)	5,25	4,75	6,19	8,57	7,42	3,9

¹Médias não seguidas pela mesma letra na coluna, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade

Porém para o teste de frio (Tabela 4) que avalia o vigor das sementes sob baixas temperaturas, nota-se, que o tratamento fitossanitário e tratamento fitossanitário e a maioria dos polímeros não diferiram do controle. Do mesmo modo, Avelar et al. (2015) e Bays et al. (2007) atribuíram a associação química e o recobrimento com polímeros benéfica, quando as sementes foram expostas a ambiente de estresse causado por temperaturas. Ni e Biddle (2001) ressaltam que a película formada pelos polímeros ao redor das sementes, regula a embebição e reduz os danos causados pelas baixas temperaturas. Nessa mesma tabela, o maior comprimento da parte aérea (CPA) ocasionado pelo tratamento fito + Vermelho Dynaseed® é possível que características da semente, do tratamento fitossanitário e do material de recobrimento do polímero, interagiram benéficamente e proporcionaram o maior crescimento da parte aérea (CPA) sob a temperatura de 30° C, corroborando com Trentini (2004) que atribuiu o efeito positivo no uso de polímeros dependente das interações positivas entre a espécie de semente usada e características do material polimérico.

Com relação à análise sanitária das sementes (Tabela 5), os tratamentos fitossanitários com ou sem o recobrimento com polímeros foram eficientes zerando ou diminuindo o inócuo inicial, comparados ao controle. Com o tratamento fitossanitário e polímeros é possível observar que possa ter havido efeito benéfico de alguns polímeros no controle de fungos, pois, segundo Brooker et al. (2007) a composição de alguns polímeros pode interagir com o

fungicida, trazendo benefícios para o controle de fungos em sementes. E Reis et al. (2012) observaram que o uso do polímero como adjuvante ao tratamento de sementes de cevada foi mais eficaz no controle de *Drechslera teres* durante o período de armazenamento, comparados ao fungicida que foi diluído em água e atribuíram a esse fato devido as propriedades do polímero que foi usado, que ofereceu uma melhor cobertura e distribuição do fungicida às sementes. Porém nesse estudo não foi possível confirmar se houve algum efeito fúngico dos polímeros usados.

Tabela 5- Percentagem de fungos encontrados na análise sanitária, em sementes de arroz, cultivar EPAGRI 108, submetidas ao tratamento de sementes, através do “Blotter Test”. Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes, Santa Maria, 2016.

Tratamento de sementes	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Phoma</i> sp.
T1=Controle	38,0 a	21,0 a	19,5 a	4,0 a
T2=Trat fitossanitário	0,5 c	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T3=Trat fito+ Florite 1127®	1,5 c	0,0 b	1,0 b	0,0 b
T4=Trat fito+ Resina Sólida GV5®	7,5 b	0,0 b	0,5 b	0,0 b
T5=Trat fito+ Polyseed CF®	0,5 c	0,0 b	0,0 b	0,0 b
T6=Trat fito+ Verm Dynaseed®	0,0 c	0,0 b	0,0 b	0,0 b
CV(%)	24,69	29,06	56,94	47,87

¹Médias não seguidas pela mesma letra na coluna, diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ²Os dados foram transformados $\sqrt{x + 1}$ para a análise.

Os resultados da análise estatística das sementes pré-germinadas realizados em ambiente controlado em copos de polietileno com areia, estão apresentados na tabela 6. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos de sementes usados com relação as variáveis de ECO, IVE, CPA, CR e MS, devido ao desenvolvimento das sementes ter sido diante de condições ideais de temperatura, umidade e substrato areia livre de contaminações por microorganismos.

Tabela 6. Dados médios de emergência em copos (ECO, %) índice de velocidade de emergência (IVE), do comprimento da parte aérea (CPA, mm), do comprimento da raiz primária (CR, mm) e da massa seca de plântulas (MS, mg) de sementes pré-germinadas de arroz, semeadas em copos de polietileno. EPAGRI 108. Santa Maria, 2016.

Tratamento de Sementes	ECO	IVE	CPA	CR	MS
Controle	85 a	0,6 a	212 a	278 a	0,1 a
Trat fitossanitário	100 a	0,7 a	200 a	292 a	0,1 a
Trat fito+ Florite 1127®	85 a	0,7 a	238 a	310 a	0,1 a
Trat fito+ Resina Sólida GV5®	85 a	0,6 a	235 a	268 a	0,1 a
Trat fito+ Polyseed CF®	95 a	0,8 a	241 a	298 a	0,1 a
Trat fito+ Verm. Dynaseed®	80 a	0,6 a	199 a	232 a	0,1 a
CV(%)	4,41	4,51	2,57	3,93	0,76

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ²Para a análise foi realizada a transformação de dados de, ECO, CPA e CR, para Log (x) e a transformação para $\sqrt{x + 1}$ dos dados de IVE e MS.

Porém, em condições a campo os resultados da análise estatística através da separação de médias pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) detectou diferenças entre os tratamentos para a variável emergência em campo (EC%), tais como: Controle (42 b), Trat fitossanitário (57 a), Trat fito+ Florite 1127® (54 a), Trat fito+ Resin Solid GV5® (59 a), Trat fito+ Polyseed CF®, Trat fito+ Verm Dynaseed® (62 a) e coeficiente de variação 3,24 (CV %), resultados dos dados que passaram pela transformação (Log(x)). Apesar das condições de temperaturas a campo serem inferiores àquelas adequadas para a emergência do arroz, o uso de sementes tratadas com fungicida e inseticida aliado, ou não, a polímeros, protegeram as sementes que obtiveram emergência a campo superior ao controle. Outros autores, Gesch et al. (2012), Turner et al. (2006) e Trentini et al. (2005) também verificaram o efeito benéfico dos polímeros a campo no recobrimento de sementes, principalmente em condições desfavoráveis de temperatura para a emergência de plântulas, pois, Baudet e Villela (2006) referem-se a camada de proteção às sementes oferecida pelos polímeros que auxilia na manutenção do equilíbrio higroscópico, protegendo as sementes de danos ao embrião por ocasião de mudanças bruscas de temperatura e umidade.

Os resultados da emergência em campo (EC%), apresentados no parágrafo anterior, referem-se às sementes que foram embebidas e posteriormente incubadas para pré-germinarem, caso os resultados da menor emergência em campo no tratamento de sementes controle, tenha ocorrido por intervenção de organismos fitopatogênicos, então, mesmo que o tratamento fitossanitário e tratamento fitossanitário e polímeros tenham sofrido perdas nas concentrações do ingrediente ativo, do fungicida e inseticida, aplicados às sementes antes da

embebição em água (Tabela 7 e 8), ainda assim esses tratamentos ofereceram proteção para um maior número de sementes de arroz emergirem, diferindo-se estatisticamente do controle. Roy et al. (2014) comentam que o uso de polímeros associados a produtos químicos pode evitar excessos na dose inicialmente aplicada de fungicidas e inseticidas, pois a película de recobrimento irá contribuir para liberação dos compostos químicos de modo controlado e preciso, evitando perdas para o meio ambiente. Os resultados de emergência em campo sustentam essa afirmação, e a dose do i.a do carbendazim aplicada inicialmente poderia ser reduzida 31% quando recobertas com o polímero Vermelho Dynaseed[®] (Trat fito + Vermelho Dynaseed[®]) (tabela 8). Pois, a percentagem do i.a carbendazim após a embebição (tratamento fitossanitário) que protegeu as sementes contra o ataque de fungos após a semeadura no solo em canteiros, foi de 34%, não diferindo estatisticamente da emergência em campo (ECO%), com a proteção de 69% do i.a carbendazim (Trat fito + Vermelho Dynaseed[®]) (Tabela 8).

O uso do tratamento de sementes e recobrimento com o polímero Vermelho Dynaseed[®], contribuiu também com a diminuição de 35% do i.a carbendazim liberados para a água de embebição de sementes de arroz na simulação do sistema pré-germinado, quando comparados ao tratamento fitossanitário (Tratamento fitossanitário (i.a carbendazim = 66% liberado pela água de embebição) – Trat fito + Vermelho Dynaseed[®] (i.a carbendazim 31% liberado pela água de embebição) = 35%) (Tabela 8).

Tabela 7 – Concentração do ingrediente ativo do inseticida - i.a thiamethoxam (cinco sementes de arroz (0,14575 g)) em sementes de arroz e na água de embebição das sementes.

Tratamento de sementes Arroz	Concentração média inicial		Concentração média na água de embebição		Concentração média após a embebição	
	$\mu\text{g L}^{-1}$	%	$\mu\text{g L}^{-1}$	%	$\mu\text{g L}^{-1}$	%
Controle	0,00	0	0,00	0	0,00	0
Tratamento fitossanitário	1360,00	100	730,32	54	629,68	46
Trat fito+ Florite 1127 [®]	1360,00	100	565,50	42	794,50	58
Trat fito+ Resina Sólida GV5 [®]	1360,00	100	777,40	57	582,60	43
Trat fito+ Polyseed CF [®]	1360,00	100	779,27	57	580,73	43
Trat fito+ Verm Dynaseed [®]	1360,00	100	714,07	53	645,93	47

Tabela 8 – Concentração ingrediente ativo do fungicida - i. a Carbendazim (cinco sementes de arroz (0,14575 g)) em sementes de arroz e na água de embebição das sementes.

Tratamento de sementes Arroz	Concentração média inicial nas sementes		Concentração média na água de embebição		Concentração média nas sementes após a embebição	
	$\mu\text{g L}^{-1}$	%	$\mu\text{g L}^{-1}$	%	$\mu\text{g L}^{-1}$	%
Controle	0,00	0	0,00	0	0,00	0
Tratamento fitossanitário	436,66	100	286,95	66	149,71	34
Trat fito+ Florite 1127 [®]	436,66	100	288,20	66	148,46	34
Trat fito+ Resina Sólida GV5 [®]	436,66	100	293,97	67	142,69	33
Trat fito+ Polyseed CF [®]	436,66	100	233,57	53	203,09	47
Trat fito+ Verm Dynaseed [®]	436,66	100	136,32	31	300,34	69

Tratando-se de produtos químicos de ação sistêmica, esses são absorvidos pelas raízes e folhas e translocados por todas as partes das plantas (BLACQUIÈRE et al., 2012), e no momento da embebição de sementes, onde ainda não ocorreu a protusão da radícula, apenas 46 % do i.a tiamethoxam, e 34 % do i.a carbendazim restaram para a proteção de pragas e doenças no desenvolvimento inicial das plântulas. O restante (54% e 66%) foi dissipado para a água de embebição conforme o tratamento fitossanitário apresentados na tabela 7 e 8.

Teló et al. (2015) em seus estudos, detectaram a presença do i.a thiamethoxam em águas de irrigação de arroz, persistindo até os 40 dias após a aplicação foliar. Períodos maiores de persistência do produto podem ser encontrados em sedimentos de solo. Devido as características físico-químicas do produto, como a sua alta polaridade, o baixo coeficiente de partição entre octanol-água ($\log K_{ow} = -0,13$ a pH 6,8 e solubilidade em água, S: $4,1 \text{ g L}^{-1}$ a 25°C), ele possui maior facilidade de ser transportado por águas superficiais. A degradação é mais acelerada na presença de atividade microbiana, sendo esta reduzida em ambiente anaeróbico (BONMATIN et al., 2014; CASTRO et al., 2008; GUPTA et al., 2008). Embora não tenha sido quantificado nesse experimento, mas pode ter ocorrido a degradação do thiamethoxam pela formação de metabólitos liberados na água, e esses podem ser igualmente tóxicos ao ambiente (EC, 2012).

O carbendazim possui algumas propriedades físicas e químicas que o tornam bastante estável em solo, com uma elevada persistência no ambiente, com tempo de meia vida de 350 dias, portanto, a sua degradação é dependente da atividade microbiana. Essas características também possibilitam a sua dissipação para águas superficiais de mananciais de água. Tais características foram possíveis de observar neste trabalho através da liberação de elevada percentagem do i.a carbendazim, na água de embebição exibidos na Tabela 8.

Com os resultados da tabela 9, é possível inferir que, se as sementes fossem postas para embeber em canais de irrigação, poderia ser liberada para o ambiente aquático, uma quantidade de 286,95 $\mu\text{g L}^{-1}$ (tratamento fitossanitário) do i.a carbendazim, essa concentração poderia ter efeitos tóxicos para alguns organismos aquáticos (REBELO; CALDAS, 2014). Ribeiro et al. (2013) encontraram resíduos do carbendazim em uma concentração de 12 $\mu\text{g L}^{-1}$, em nascente de um rio próximo a áreas agricultáveis. Essa quantidade pode interferir na potabilidade de água para o consumo humano. Apesar da resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria do MS nº 518/2004 estabelecer alguns padrões, determinando limites de contaminações por agrotóxicos em águas destinadas ao consumo humano no Brasil, as mesmas não contemplam todos os produtos químicos usados na orizicultura. Já a Comunidade Europeia (EC, 1998) estabeleceu padrões de potabilidade da água limitando a quantidade de resíduos de agrotóxicos na faixa entre 0,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ a 0,5 $\mu\text{g L}^{-1}$, para a soma de todos os agrotóxicos presentes, incluindo seus metabólitos.

Tabela 9 - Concentração de Thiomethoxam e Carbendazim em amostras de água de embebição e sementes de arroz, detectado através da Cromatografia Líquida acoplada a espectrometria de massas, realizado em Laboratório de Análise de Resíduos e Pesticidas (LARP/UFMS). Santa Maria, 2016.

Tratamento de sementes	Thiamethoxam ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Carbendazim ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Controle	n.d	n.d
Tratamento fitossanitário	730,32 a	286,95 a
Trat fito+ Florite 1127 [®]	565,50 b	288,20 a
Trat fito+ Resina Sólida GV5 [®]	777,40 a	293,97 a
Trat fito+ Polyseed CF [®]	779,27 a	233,57 b
Trat fito+ Verm Dynaseed [®]	714,07 a	136,32 c
CV(%)	9,38	8,02

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

O polímero Florite 1127[®] (T3) reteve 12 % a mais do thiametoxam junto às sementes, comparado às sementes que receberam apenas o tratamento fitossanitário (T2) (Tabela 7 e 9). E uma quantidade de 13% e 35% a mais do carbendazim, foram retidas pelos polímeros, Polyseed CF[®] (T5) e Verm Dynaseed[®] (T6) (tabela 8 e 9) respectivamente, oferecendo uma maior proteção às sementes, impedindo que parte do ingrediente ativo fosse liberada para a solução aquosa.

Segundo dados de perdas de produtos químicos na água de embebição (Tabela 9) e conforme as diferenças entre os tratamentos de sementes encontradas através da análise estatística é possível mostrar que alguns materiais poliméricos não foram eficientes para a retenção do tratamento fitossanitário junto às sementes. O Resin Sólid GV5[®] (T4), o Polyseed CF[®] (T5) e o Verm Dynaseed[®] (T6) não diferiram estatisticamente, com relação ao tratamento fitossanitário (T2), não sendo eficientes na retenção do ingrediente ativo thiamethoxam. Da mesma forma, os polímeros Florite 1127[®] (T3) e Resin Sólid GV5[®] (T4) não apresentaram diferenças significativas com relação ao tratamento fitossanitário (T2) e não foram eficientes na retenção do carbendazim, junto as sementes de arroz.

Esses resultados demonstram que é possível que existam diferenças entre materiais poliméricos usados nesse estudo quanto a suas propriedades, interações com o ambiente em que foi exposto e i.a do inseticida e fungicida usado. Avelar et al. (2012) em seus estudos atribui as diferenças na eficiência de filmes poliméricos, devido a composição dos materiais e dosagens utilizadas. As informações sobre a composição dos polímeros usados para os tratamentos de sementes não foram fornecidos pelas empresas, sendo que elas apenas mencionam que os polímeros são de origem natural e a partir daí foram sintetizados em laboratório. Muitos materiais encontrados na natureza são usados na formação de polímeros, entre eles estão as proteínas, os polissacarídeos e os lipídios. Oliveira et al. (2009) testaram polímeros naturais, como o carboximetilcelulose (CMC) e alginato de sódio (AS) e suas misturas, quanto a sua morfologia, propriedades de absorção e permeação a vapores de água, apesar deles apresentarem diferenças quanto a absorção de água que conferiu fortes ligações entre os componentes e características hidrofóbicas, não afetou negativamente a germinação, sendo considerados aptos para serem usados em recobrimento junto ao fungicida em sementes de feijão. Porém esses mesmos autores não testaram esses polímeros com relação a sua capacidade de aderência e retenção do produto químico. Pois Roth (2014) considerou falha o uso de determinados filmes, de origem semelhante, quanto ao quesito de aderência, considerando as ligações poliméricas pouco elásticas, podendo causar ruptura na cadeia polimérica.

4.4 CONCLUSÕES

Os polímeros Florite 1127[®], Resina Sólida GV5[®], Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed[®], quando usados no recobrimento de sementes de arroz associados ao tratamento fitossanitário

não afetaram negativamente a qualidade fisiológica, avaliadas pelo teste de germinação e alguns testes de vigor em papel filtro, em copos de polietileno e em campo.

Através da observação da simulação do sistema de semeadura de arroz pré-germinado e análises dos resultados deste trabalho é possível concluir que, alguns polímeros são promissores na minimização de resíduos de produtos químicos liberados pela água de embebição de sementes de arroz, pois em uma situação real, fungicidas e inseticidas são passíveis de contaminação de ambientes aquáticos, quando a água de embebição das sementes tratadas quimicamente são liberadas em canais de irrigação de lavouras com o uso do sistema de cultivo de arroz pré-germinado.

4.5 REFERÊNCIAS

AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários- Consulta de produto formulado: **Cruiser 350 FS**. Disponível em:

<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 23 jan. 2016.

AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários- Consulta de produto formulado: **Derosal Plus**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 23 jan. 2016.

AVELAR, S. A. G. et al. Tratamento e recobrimento de sementes de soja com polímeros líquido e em pó. **Interciencia** [s.l.], v. 40, n. p. 133-136, fev. 2015. Disponível em: <<http://redalyc.org/articulo.oa?id=33934014011>> ISSN 0378-1844. Acesso em: 5 mar. 2016.

AVELAR, Suemar Alexandre Gonçalves et al. The use of film coating on the performance of treated corn seed. *Revista Brasileira de Sementes*, [s.l.], v. 34, n. 2, p.186-192, jun. 2012. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31222012000200001>>. Acesso em: 20 de jan. 2016.

BARNETT, H.L.; HUNTER, B.B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. Minnesota: APS Press, 218p. 1998.

BAYS, R. et al. Recobrimento de sementes de soja com micronutrientes, fungicida e polímero. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 02, p. 60-67, 2007.

BENATTO JUNIOR, J.C. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com fungicida e recobertas com polímeros. **Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.269-273, 20 jul. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v7i2a1640>>. Acesso em: 20 de jan. 2016.

BONMATIN, J. M. et al. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. **Environmental Science And Pollution Research**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.35-67, 7 ago. 2014.

Springer Science + Business Media. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-014-3332-7>>. Acesso em: 20 de jan. 2016.

BLACQUIÈRE, Tjeerd et al. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. **Ecotoxicology**, [s.l.], v. 21, n. 4, p.973-992, 18 fev. 2012. Springer Science + Business Media. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10646-012-0863-x>>. Acesso em: 20 de jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009 a. 399 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Brasília: MAPA, 200p., 2009 b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 45**. Brasília. MAPA. 38p., 2013.

BROOKER, N. L. et al. Soy polyol formulations as novel seed treatments for the management of soil-borne diseases of soybean. **Communications: In Agricultural And Applied Biological Sciences**, Gent, Bélgica, v. 2, n. 72, p.35-43, 2007.

CASTAÑEDA, L. et al. Innovative Rice Seed Coating (*Oryza Sativa*) with Polymer Nanofibres and Microparticles Using the Electrospinning Method. **Journal Of Research Updates In Polymer Science**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.33-39, 2 abr. 2014. Lifescience Global. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.6000/1929-5995.2014.03.01.5>>. Acesso em: 07 jan. 2015.

CASTRO, N. R. A. et al. Lixiviação do inseticida thiamethoxam em macrolisímetros de duas classes de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 32, n. 6, p.1818-1823, dez. 2008. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542008000600021>> Acesso em: 07 jan. 2015.

CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.151-164. 1994.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**, v.2 - Safra 2014/15, n.11 – Décimo segundo Levantamento, Brasília, p. 1-134, set. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_08_57_48_boletim_graos_setembro_2015.pdf> Acesso em: 07 jan. 2015.

CONAMA. Constituição (2008). Lei nº 396, de 03 de abril de 2008. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de Abril de 2008**: Qualidade da água. Brasília, BRASIL, 07 abr. 2008. n. 68, Seção 1, p. 64-68. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_396.pdf>. Acesso em: 30 maio 2015.

EC - European Community; Council Directive 98/83/EC of 1998 on the quality of water intended for human consumption, **Official Journal L 330**, 05/12/1998, p. 0032-0054. Community legislation in force - document 398L0083 (1998).

EC- European Community. Annex I or IA to Directive 98/8/EC. Thiamethoxam Product-type 18 (insecticides, Acaricides And Products To Control Other Arthropods): Inclusion of active substances in Annex I or IA to Directive 98/8/EC. SPAIN, 21 set. 2012.

EKEBAFE, L. O.; OGBEIFUN, D. E.; OKIEIMEN, F. E.. Polymer Applications in Agriculture. **Biokemistri**, Nigéria, v. 23, n. 2, p.81-89, 30 jun. 2011.

EPAGRI. **Informações técnicas para a cultura do arroz: Arroz -Semeadura - Pré-germinação**. 2015. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=1743>. Acesso em: 15 jan. 2016.

EPAGRI. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina**. 2.ed. rev. e atual. Florianópolis, 2005. 87 p.

EVANGELISTA, J. R. E. et al. Desempenho de sementes de soja peliculizadas em solo com diferentes teores de água. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 4, n. 31, p.994-999, 2007.

GESCH, R.; ARCHER, D.; SPOKAS, K. Can using polymer-coated seed reduce the risk of poor soybean emergence in no-tillage soil?. **Field Crops Research**, v. 125, p. 109-116, 2012.

GUPTA S, GAJBHIYE V.T, GUPTA R.K. Soil dissipation and leaching behavior of a neonicotinoid insecticide thiamethoxam. **Bull Environ Contam Toxicol**. 80:431–437, 2008.

HOLMES, M. et al. Assessing the Risk to U.K. Children from Carbendazim Residues in Apple Products. *International Journal Of Occupational And Environmental Health*, [s.l.], v. 14, n. 2, p.86-93, abr. 2008. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1179/oeht.2008.14.2.86>.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

JOSHI, E. et al. Management of direct seeded rice for enhanced resource use efficiency. **Plant Knowledge Journal**, Australia, v. 2, n. 3, p.119-134, 2013.

KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C.; PADILHA, L. Efeito da adição de polímeros na viabilidade, no vigor e na longevidade de sementes de milho. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**. 2007. 6p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 94). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2007/circular/Circ_94.pdf>. Acesso em: 10 de jan. 2016.

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

KEMMERICH, M.et al. Optimization by central composite design of a modified QuEChERS method for extraction of pesticide multiresidue in sweet pepper and analysis by ultra-high-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. **Food Anal. Methods** (2015) 8:728–739. Doi 10.1007/s12161-014-9951-2.

- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MALAVOLTA, M. A. et al. Incidência dos fungos e quantificação de danos em sementes de genótipos de arroz. **Summa Phytopatológica**, Jaboticabal, v. 3, n. 33, p.280-286, 2007.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. Abrates, Londrina, PR, 2015. 659p.
- MARTINI, L. F. D. et al. Transporte de agrotóxicos em lavoura de arroz irrigado sob três manejos de irrigação. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 30, n. 4, p.799-808, dez. 2012. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582012000400014>>. Acesso em 20 e jan. 2016.
- MATTOS, M. L. T. et al. Dissipação do inseticida tiametoxam em água, sedimento e solo de lavoura de arroz irrigado. **Anais: 9º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado: Ciência e tecnologia para otimização da orizicultura**. Pelotas, v. 9, n. 1, p.11-13, 2015.
- MELO, A. P. C. et al. Recobrimento de sementes de tomate com concentrações crescentes de polímero sintético. **Cienc. Rural**, [s.l.], v. 45, n. 6, p.958-963, jun. 2015. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131335>>. Acesso em 20 e jan. 2016.
- NAKAGOME, F. K.; NOLDIN, J. A.; RESGALLA JUNIOR, C. Toxicidade aguda e análise de risco de herbicidas e inseticidas utilizados na lavoura do arroz irrigado sobre o cladóceros *Daphnia magna*. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 16, p.93-100, 7 mar. 2007. Universidade Federal do Parana. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/pes.v16i0.7483>>. Acesso em 20 e jan. 2016.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.49-85, 1994.
- NI, B. R.; BIDDLE, A. J. Alleviation of seed imbibitional chilling injury using polymer film coating. In: International symposium seed treatment challenges and opportunities, 13. 2001, **Brunswick Proceedings...** Alton: British Crop Protection Council, 2001. p.73-80.
- PARSONS, K. C.; MINEAU, P.; RENFREW, R. B.. Effects of Pesticide use in Rice Fields on Birds. **Waterbirds**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.193-218, dez. 2010. Waterbird Society. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1675/063.033.s115>>. Acesso em 20 e jan. 2016.
- OLIVEIRA, A. F. de et al. Preparação, caracterização e propriedades de filmes poliméricos com potencial aplicação no recobrimento de sementes. **Química Nova**, [s.l.], v. 32, n. 7, p.1845-1849, 2009. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422009000700030>>. Acesso em 20 e jan. 2016.
- REBELO, R. M.; CALDAS, E. D. Environmental risk assessment of aquatic systems affected by pesticide use. **Química Nova**, [s.l.], p.1199-1208, 2014. GN1 Genesis Network. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140165>> Acesso em 20 e jan. 2016.

REIS, E. M. et al. Fungicides, seed dresser adjuvants and storage time in the control of *Drechslera teres* in barley seeds. **Summa Phytopathol.**, [s.l.], v. 38, n. 3, p.187-191, set. 2012. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-54052012000300001>>. Acesso em 20 e jan. 2016.

RIBEIRO, A. C. A. et al. Resíduos de pesticidas em águas superficiais de área de nascente do Rio São Lourenço-MT: validação de método por extração em fase sólida e cromatografia líquida. **Química Nova**, [s.l.], v. 36, n. 2, p.284-290, 2013. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422013000200015>>. Acesso em 20 e jan. 2016.

ROY, A. et al. Controlled pesticide release from biodegradable polymers. **Central European Journal Of Chemistry**, [s.l.], v. 12, n. 4, p.453-469, 16 jan. 2014. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2478/s11532-013-0405-2>>. Acesso em 20 e jan. 2016.

ROTH, J. **Design of Seed Coatings** – Connecting polymer properties with overall performance through method development. 2014. 38 f. Tese (Doutorado) - Department Of Chemical And Biological Engineering, Chalmers University Of Technology, Gotemburgo, 2014.

SHARMA, K.K. et al. Seed treatments for sustainable agriculture-A review. **Journal Of Applied And Natural Science**, Índia, v. 1, n. 7, p.521-539, 30 abr. 2015.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas de pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: Sosbai. p 192. 2014.

TELÓ, G. M. et al. Residues of Fungicides and Insecticides in Rice Field. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 107, n. 3, p.851-863, 2015. American Society of Agronomy. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2134/agronj14.0475>>. Acesso em 20 e jan. 2016.

TRENTINI, P. Peliculização: preservação da qualidade de sementes de soja e desempenho no estabelecimento da cultura em campo na região de Alto Garças, MT. 2004. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004. 117f.

TRENTINI, P. et al. Peliculização: desempenho de sementes de soja no estabelecimento da cultura em campo na região de Alto Garças, MT. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.29, n.1, p.84-92, jan./fev. 2005.

TURNER, S.R., et al. Influence of polymer seed coatings, soil raking, and time of sowing on seedling performance in post-mining restoration. **Restor. Ecol.** 14, 267–277, 2006.

WILLEMAN, N. F. et al. Legislação ambiental na produção de arroz irrigado da Região do Alto Vale do Itajaí – SC. **Geoambiente On-line**, Jataí, n. 8, p.134-148, 2007.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse trabalho foi possível observar que a associação do tratamento químico de sementes com o conjunto “fungicida Maxim XL[®] (i.a: metalaxil-M 25 g L⁻¹ + fludioxonil 10 g L⁻¹), e o inseticida Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350 g L⁻¹)” e o conjunto “Derosal Plus[®] (i.a: carbendazim 150 g L⁻¹ + thiram 350 g L⁻¹) e o inseticida Cruiser 350[®] FS (i.a. thiamethoxam 350 g L⁻¹)” recobertas com os polímeros Florite 1127[®], Resin Solid GV5[®], Polyseed CF[®] e Verm Dynaseed[®], não afetaram negativamente a qualidade fisiológica de sementes de arroz (BRS Sinuelo e EPAGRI 108) através dos testes de germinação e testes de vigor, nos dois experimentos realizados e apresentados nesse trabalho (Capítulo I e Capítulo II).

Os polímeros Resin Solid GV5[®], Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed[®] foram quantificados e sua eficiência foi comprovada por reter 27%, 22% e 23%, respectivamente, a mais do i.a thiamethoxam junto às sementes de arroz, comparado àquelas que não receberam o recobrimento com polímeros, semeadas em areia e submetidas a precipitação simulada.

O polímero Florite 1127[®] contribuiu com a retenção de 12 % a mais do thiamethoxam junto às sementes, quando comparado ao tratamento fitossanitário onde não houve o recobrimento das sementes com polímeros. E o Polyseed CF[®] e o Verm Dynaseed[®] contribuíram com a retenção do carbendazim junto às sementes, impedindo que 13% e 35%, respectivamente, a mais do ingrediente ativo, fossem liberados para a solução aquosa na pré-germinação de sementes de arroz (EPAGRI 108), comparados ao tratamento fitossanitário em que as sementes não foram recobertas com polímeros.

O ingrediente ativo thiamethoxam sofreu perdas através da lixiviação, ou seja, a água da precipitação simulada que banhou as sementes (Tratamento fitossanitário) logo após a semeadura e foi coletada e analisada através da cromatografia foi de 69% da dose inicialmente aplicada. Os ingredientes ativos thiamethoxam e carbendazim liberaram para a água de embebição 54 e 66%, respectivamente, da dose inicialmente usada no tratamento de sementes de arroz, quando as sementes não forem recobertas com polímeros.

Alguns polímeros usados nesse trabalho foram eficientes na retenção dos ingredientes ativos em estudo, embora a forma de retenção tenha sido diferente entre os processos de dissipação e esses serem realizados em ambiente de laboratório. Tais resultados sugerem maiores estudos, afim de, conhecer as interações existentes entre polímeros, inseticidas, fungicidas, sementes e o ambiente de exposição.

6.REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na Região Sul de Minas Gerais**. Embrapa Arroz e Feijão, GO, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafrasSulMG/psementes.htm> > acesso em 10 nov. 2015.
- AGNELLI, J. A. M. Boletim técnico, São Paulo n.2, 2002.
- BONMATIN, J.M. et al. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. **Environmental Science And Pollution Research**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.35-67, 2014. Springer Science + Business Media. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-014-3332-7>>. Acesso em 10 de jan. 2016.
- BRITO, G. F. et al. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campo Grande, v. 6, n. 2, p.127-139, 2011.
- BAUDET, L.; PERES, W. Recobrimento de sementes. **Seed News**, Pelotas, v.8, n.1, p.20-23, 2004.
- BAUDET, L; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A.C.S.A. (Ed.) **Sementes: fundamentos científicos e Tecnológicos**, 2ed, Pelotas, 2006, p.427 a 472.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, p.395, 2009 a.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Análise Sanitária de Sementes. Brasília: Mapa/ACS, p.200, 2009 b
- CANEVAROLO, S. V.JR., *Ciência dos Polímeros*, 2a. Edicao, Artliber Editora, São Paulo, 2006. 282 p.
- CASTRO, N. R. A. et al. Lixiviação do inseticida thiamethoxam em macrolisímetros de duas classes de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 32, n. 6, p.1818-1823, dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542008000600021>> acesso em 10 nov. 2015.
- CASTRO, P. R.C; KLUNGE, R.A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: Trigo, Milho, Soja, Arroz e Mandioca**. São Paulo, ed. Nobel, p. 1999.
- CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.151-164. 1994.
- CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**, v.2 - Safra 2014/15, n.11 – Décimo segundo Levantamento, Brasília, p. 1-134, set. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_08_57_48_boletim_graos_setembro_2015.pdf > Acesso em: 07 jan 2015.

CONAMA. Constituição (2008). Lei nº 396, de 03 de abril de 2008. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de Abril de 2008**: Qualidade da água. Brasília, BRASIL, 07 abr. 2008. n. 68, Seção 1, p. 64-68. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_396.pdf>. Acesso em: 30 maio 2015.

COPATTI, C.E., GARCIA, L.O., BALDISSEROTTO, B. Uma importante revisão sobre o impacto de agroquímicos da cultura de arroz em peixes. **Biota Neotropica**, v.9, p.235–242, 2009.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Cultivo de arroz irrigado no Brasil**: sistemas de produção - nov 2005. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

SILVA, G. S. et al. Avaliação da potencial contaminação das águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos em áreas de produção de uva para exportação no vale do São Francisco. **Abes – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Natal, RN, v. 1, n. 1, p.1-7, 2014.

EPAGRI. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina**. 2.ed. rev. e atual. Florianópolis, 2005. 87p.

EVANGELISTA, J.R.E. et al. Desempenho de sementes de soja peliculizadas em solo com diferentes teores de água. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.4, p.994-999, 2007.

FAO, Food And Agriculture Organization of the United Nations. **Food and Agricultural commodities production**. 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>, acesso em 18 de jan de 2016.

FREITAS, H. T. de. **Qualidade de sementes de soja e incidência de *Sclerotinia sclerotiorum* (lib) de bary em função do beneficiamento e armazenamento**. Tese Doutorado- Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA) -Universidade Federal de Goiás, Goiás. p.185, 2012.

GUPTA S, GAJBHIYE V.T, GUPTA R.K. Soil dissipation and leaching behavior of a neonicotinoid insecticide thiamethoxam. **Bull Environ Contam Toxicol**. 80:431–437, 2008.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology And Chemistry**, [s.l.], v. 8, n. 4, p.339-357, abr. 1989. Wiley-Blackwell. Disponível em: <DOI: 10.1002/etc.5620080411>. Acesso em 18 de jan de 2016.

KARAM, D.; MAGALHÃES, P.C.; PADILHA L. Efeito da adição de polímeros na viabilidade, no vigor e na longevidade de sementes de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2007. 6p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 94). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2007/circular/Circ_94.pdf>. Acesso em 18 de jan de 2016.

KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.218.

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J. B. Comportamento de pesticidas em solos: fundamentos. In: CURI, N. et al. **Tópicos ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p. 335-400, 2003.

MANO, E. B. & MENDES, L. C; **Introdução a polímeros**, 2a ed., Edgard Blücher Ltda: São Paulo, 1999.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Culturas: Arroz**. Disponível em:< <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz>>. Acesso mar de 2016.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. Abrates, Londrina, PR, 2015. 659p.

MARIOT, C. et al. Práticas de manejo integradas para produção de arroz irrigado. *Pesq. agropec. bras.*, v. 44, n. 3, 2009.

MARTINI, L. F. D. et al. Transporte de agrotóxicos em lavoura de arroz irrigado sob três manejos de irrigação. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 30, n. 4, p.799-808, dez. 2012. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582012000400014>>. Acesso em: 13 de jan. 2006.

MENTEN, J.O.; MORAIS, M. H. de. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. **Informativo Abrates**, S.l., v. 20, n. 3, p.52-53, 2010.

MILHOME, M.A.L. et al. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE, Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v. 14, n. 3, p. 363-372, 2009.

PEREIRA, Carlos Eduardo et al. Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 3, n. 40, p.433-440, 2009.

PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 3.ed., Cap. 2, Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2012, p.105-158.

PESTANA, C.C. Estrutura e Propriedades dos Materiais Poliméricos. Curso de Tecnologia em Mecatrônica, Ciência dos Materiais. UNINOVE, 2009.

RIBEIRO, A. C. A. et al. Resíduos de pesticidas em águas superficiais de área de nascente do Rio São Lourenço-MT: validação de método por extração em fase sólida e cromatografia líquida. **Química Nova**, [s.l.], v. 36, n. 2, p.284-290, 2013. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422013000200015>>. Acesso em 13 de jan 2016.

ROY, A. et al. Controlled pesticide release from biodegradable polymers. **Central European Journal Of Chemistry**,[s.l.], v. 12, n. 4, p.453-469, 16 jan. 2014. Walter de Gruyter GmbH. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2478/s11532-013-0405-2>>.

ROTH, J. **Design of Seed Coatings** – Connecting polymer properties with overall performance through method development. 2014. 38 f. Tese (Doutorado) - Department Of Chemical And Biological Engineering, Chalmers University Of Technology, Gotemburgo, 2014.

SHARMA, K.K. et al. Seed treatments for sustainable agriculture-A review. **Journal of Applied And Natural Science**, Índia, v. 1, n. 7, p.521-539, 30 abr. 2015

SCHOENINGER, V; BISCHOFF, T. Z. Tratamento de sementes. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, PR, v. 3, p.63-73, 2014.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas de pesquisa para o Sul do Brasil. **Santa Maria: Sosbai**. p 192. 2014

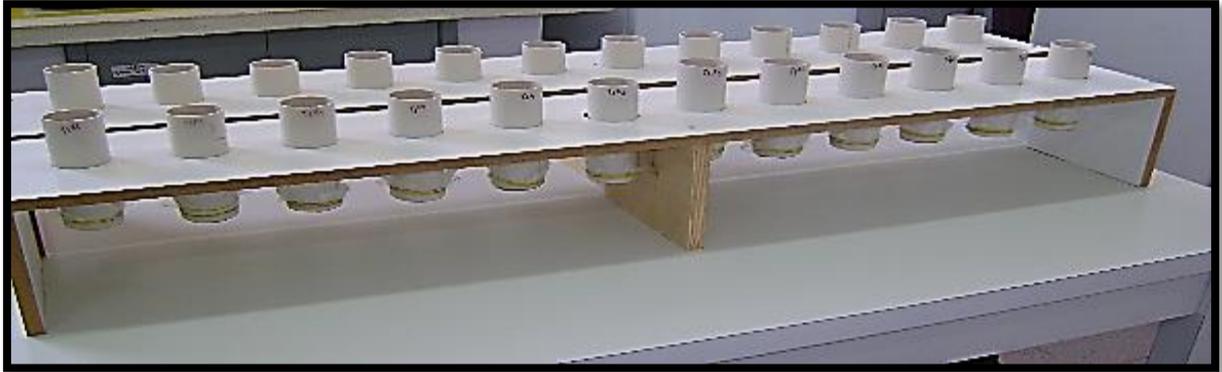
STONE, L. F. **Eficiência do uso da água na cultura do arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 48 p.

TELÓ, G. M. et al. Residues of Fungicides and Insecticides in Rice Field. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 107, n. 3, p.851-863, 2015. American Society of Agronomy. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.2134/agronj14.0475>>. Acesso em 13 de jan 2016.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A - Capítulo 1. A – “Extrator”. B- Preenchimento dos tubos de PVC com areia. C- Semeadura de sementes de arroz (BRS Sinuelo) (T1, T2, T3, T4, T5 e T6). D- Simulação da precipitação. E- Detalhe da parte inferior dos tubos, fechamento com papel filtro e tule e amarração com atilhos. F- Coletado do lixiviado. G- Amostras do lixiviado, encaminhados para análise no LARP. UFSM, Santa Maria, 2016.

A



B



C



D



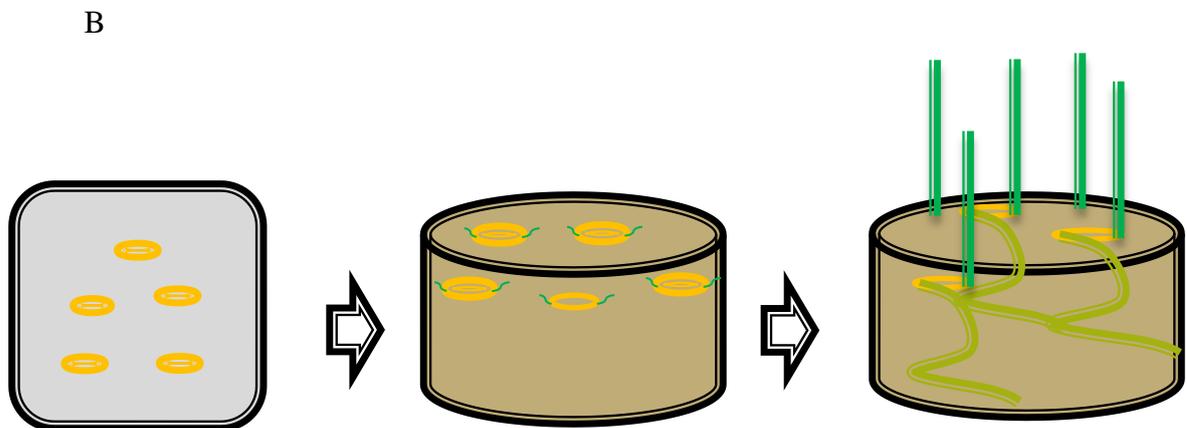
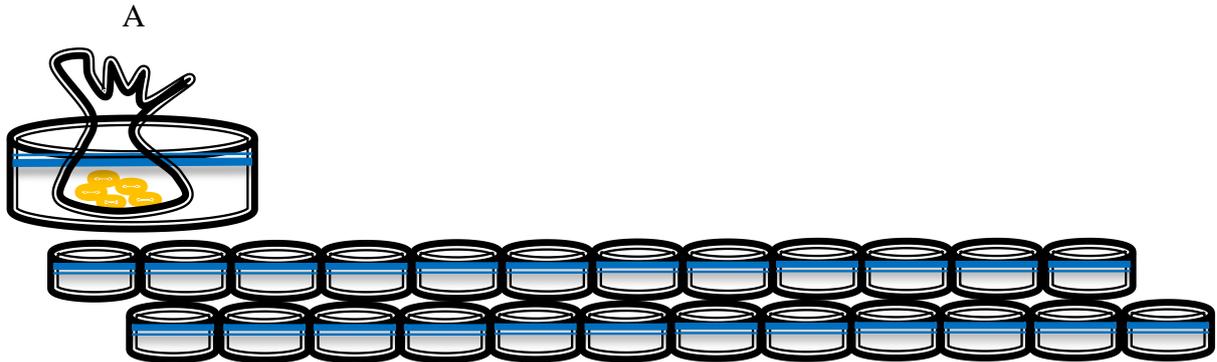
E



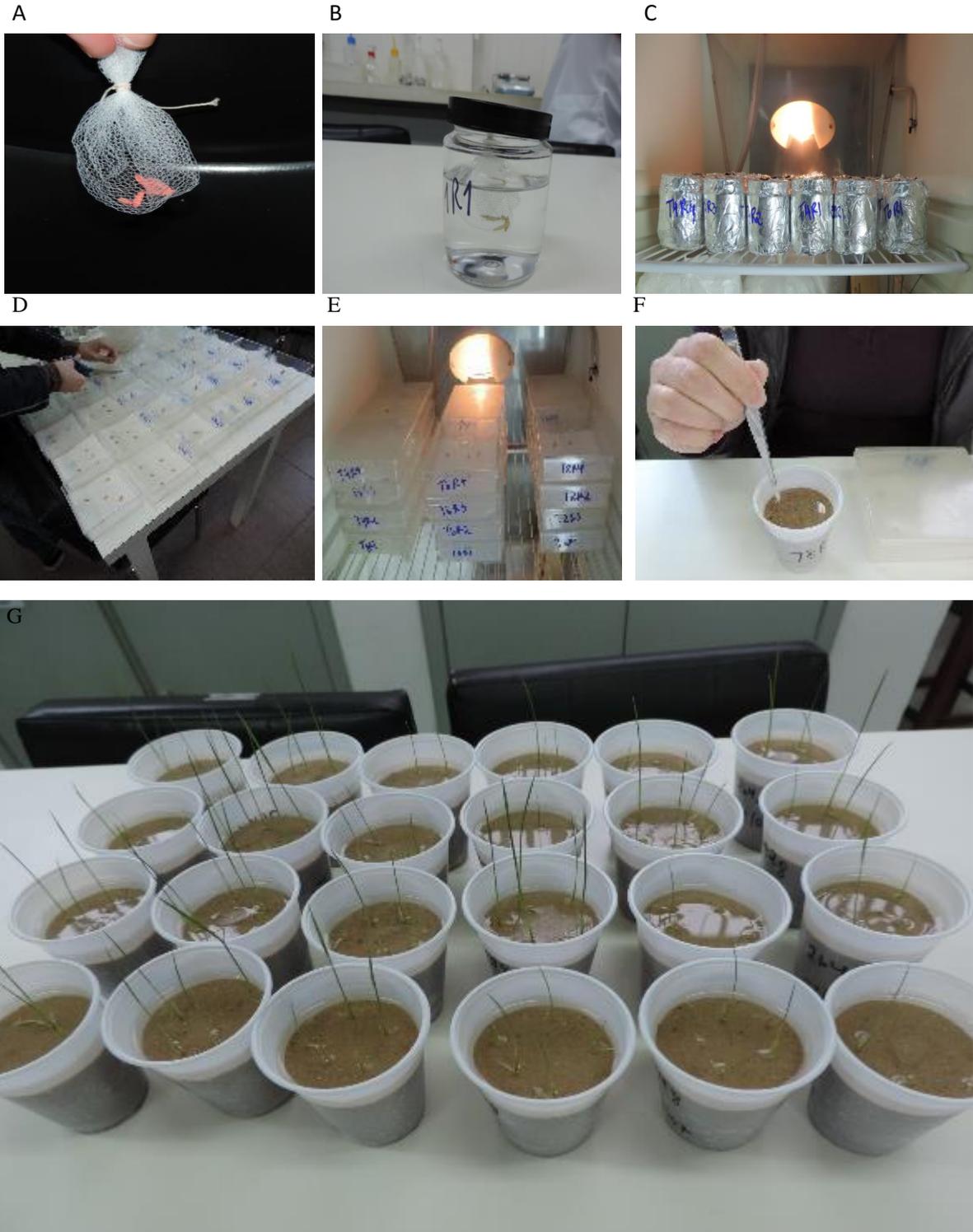
F



APÊNDICE B- Capítulo 2. Figura demonstrativa da pré-germinação de sementes de arroz (EPAGRI 108) (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) A- Processo de embebição das sementes (36 horas, temperatura 30° C), e frascos contendo a água de embebição, encaminhados para para análise no LARP. B – Sementes na etapa de incubação (36 horas, 30°C), e sementes pré-germinadas semeadas e desenvolvendo-se em copos de polietileno, com capacidade de 250 mL, em B.O.D, a 30° C e fotoperíodo de 12 horas, sob lâmina d’água de 5 mm. UFSM, Santa Maria, 2016.



APÊNDICE C- Capítulo 2. Pré-germinação de sementes de arroz (EPAGRI 108) (T1, T2, T3, T4, T5 e T6). A- Sementes dentro de sacos porosos para a embebição. B e C- Embebição em água ultrapura (36 horas, temperatura 30° C). D- Sementes sendo colocadas para incubar em caixas de gerbox. E – Sementes na etapa de incubação (36 horas, 30°C). F- Semeadura de sementes pré-germinadas em copos de polietileno. G – Desenvolvimento das sementes pré-germinadas em copos de polietileno, com capacidade de 250 mL, em B.O.D, a 30° C e fotoperíodo de 12 horas, sob lâmina d’água de 5 mm. UFSM, Santa Maria, 2016.



APÊNDICE D - Resumo da análise de variância da Capítulo I, quadrados médios da primeira contagem (PC), da germinação (G), do índice de velocidade de germinação (IVG), do comprimento da parte aérea (CPA), do comprimento da raiz primária (CR), massa seca (MS), Teste de frio (TF), e Teste de Envelhecimento Acelerado (TEA) de sementes de arroz, cultivar BRS Sinuelo, UFSM, Santa Maria, 2016.

Quadrados médios									
FV	GL	G	PC	IVG	CPA	CR	MS	TF	TF
BRS SINUELO									
Trat. Sementes	5	21,083	31.720	0,589	23,774*	223,026*	0,450	113,200*	964,820*
Resíduo	42	16,869	17.032	0,294	1,778	19,40	0,587	21,880	34,330
CV (%)		4,52	4,89	5,66	7,59	6,75	3,29	8,04	8,29

¹Significativo a 5% de probabilidade de erro.

APÊNDICE E- Resumo da análise de variância da Capítulo I, quadrados médios da análise fitossanitária transformada ($\sqrt{x+1}$), e tabela de resultados para *Fusarium* sp, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Dreschlera* sp. em sementes de arroz da cultivar BRS Sinuelo, UFSM, Santa Maria, 2016.

Quadrados médios					
FV	GL	<i>Fusarium</i> sp	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Dreschlera</i> sp.
BRS SINUELO					
Trat.Sementes	5	12,096*	0,133	0,133	5,765*
Resíduo	42	2,399	0,086	0,086	0,193
CV (%)		43,43	27,79	27,79	32,69

¹Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tratamento de sementes	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Dreschlera</i> sp.
T1=Controle	6,000 a	1,000 a	1,309 a	3,079 a
T2=Trat fito	3,303 b	1,000 a	1,000 a	1,000 b
T3=Trat fito+ Florite 1127®	2,586 b	1,000 a	1,000 a	1,000 b
T4=Trat fito+ Resina Sólida GV5®	3,091 b	1,000 a	1,000 a	1,000 b
T5=Trat fito+ Polyseed CF®	2,958 b	1,309 a	1,159 a	1,000 b
T6=Trat fito+ Verm Dynaseed®	3,460 b	1,154 a	1,000 a	1,000 b
CV(%)	43,43	27,29	27,29	32,69

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

APÊNDICE F - Resumo da análise de variância da Capítulo I, quadrados médios da análise transformada ($\sqrt{x+1}$) e tabela de resultados para dados médios de emergência (EM), do comprimento da parte aérea (CPA), do comprimento da raiz primária (CR) e da massa seca (MS). Arroz, BRS Sinuelo, UFSM, Santa Maria, 2016.

Quadrados médios					
FV	GL	EM	CPA	CR	MS
BRS SINUELO					
Trat.Sementes	5	0,733	0,192	1,244	0,015
Resíduo	18	0,455	0,339	0,721	0,026
CV (%)		7,13	7,91	9,08	3,31

¹Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tratamento de Sementes	EM (%)	CPA (mm)	CR(mm)	MS (mg)
T1=Controle	8,965 a	6,985 a	8,948 a	24,30 a
T2=Trat fito	9,524 a	7,399 a	8,992 a	22,93 a
T3=Trat fito+ Florite 1127 [®]	9,489 a	7,303 a	8,782 a	23,08 a
T4=Trat fito+ Resina Sólida GV5 [®]	9,787 a	7,637 a	10,257 a	23,16 a
T5=Trat fito+ Polyseed CF [®]	10,049 a	7,413 a	9,670 a	23,70 a
T6=Trat fito+ Verm Dynaseed [®]	9,000 a	7,487 a	9,480 a	24,31 a
CV(%)	7,13	7,91	9,08	3,31

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

APÊNDICE G- Resumo da análise de variância da Capítulo I, quadrados médios da análise do lixiviado Thiamethoxam. Arroz, BRS Sinuelo, UFSM, Santa Maria, 2016.

FV	GL	Thiamethoxam
Trat.Sementes	4	446119.527*
Resíduo	15	53968.078
CV (%)		18.72

¹Significativo a 5% de probabilidade de erro.

APÊNDICE H - Resumo da análise de variância da Capítulo II, quadrados médios da germinação (G), da primeira contagem (PC), do comprimento da parte aérea (CPA), do comprimento da raiz primária (CR), da massa seca (MS), e do Teste de frio (TF), de sementes de arroz da cultivar EPAGRI 108, UFSM, Santa Maria, 2016.

FV	GL	Quadrados médios					
		G	PC	CPA	CR	MS	TF
EPAGRI 108							
Trat.	5	32,950	2,083	167,914*	94,990	0,0001	61,000*
Sementes							
Resíduo	42	17,750	19,702	10,241	69,777	0,00009	26,571
CV (%)		4,75	5,25	8,57	7,42	3,90	6,19

¹Significativo a 5% de probabilidade de erro.

APÊNDICE I - Resumo da análise de variância da Capítulo II, quadrados médios da análise fitossanitária transformada (Raiz quadrada de $Y + 1.0 - \text{SQRT} (Y + 1.0)$), e tabela de resultados para *Fusarium* sp, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Dreschlera* sp. em sementes de arroz da cultivar EPAGRI 108, UFSM, Santa Maria, 2016.

FV	GL	Quadrados médios				
		<i>Fusarium</i> sp	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Gerlachia</i> sp.	<i>Phoma</i> sp.
EPAGRI 108						
Trat.Sementes	5	33,103*	16,979*	12,022*	0,141	0,968*
Resíduo	42	0,321	0,214	0,820	0,141	0,298
CV (%)		24,69	29,06	56,94	35,67	47,87

¹Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tratamento de sementes	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Gerlachia</i> sp.	<i>Phoma</i> sp.
T1=Controle	6,207 a	4,568 a	4,080 a	1,325 a	1,852a
T2=Trat fito	1,154 c	1,000 b	1,000 b	1,000 a	1,000b
T3=Trat fito+ Florite 1127®	1,404 c	1,000 b	1,309 b	1,000 a	1,000b
T4=Trat fito+ Resina Sólida GV5®	2,853 b	1,000 b	1,154 b	1,000 a	1,000b
T5=Trat fito+ Polyseed CF®	1,154 c	1,000 b	1,000 b	1,000 a	1,000b
T6=Tratfito + Verm Dynaseed	1,000 c	1,000 b	1,000 b	1,000 a	1,000b
CV(%)	29,69	29,06	56,94	32,69	47,87

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

APÊNDICE J - Resumo da análise de variância da Capítulo II, quadrados médios dos dados transformados ($\log(x)$) para emergência em campo (EC), emergência em copos (ECO) e tabela de médias. Resumo da análise de variância, quadrados médios dos dados transformados ($\sqrt{x+1}$) do índice de Velocidade de Emergência (IVE), e da massa seca de plântulas (MS), e tabela de médias. Sementes de arroz, cultivar EPAGRI 108, UFSM, Santa Maria, 2016.

FV	GL	Quadrados médios					
		EC	ECO	IVE	CPA	CR	MS
EPAGRI 108							
Trat.Sementes	5	0,018*	0,006	0,003	0,006	0,009	0,00008
Resíduo	18	0,003	0,007	0,003	0,003	0,009	0,00006
CV (%)		3,24	4,41	4,51	2,57	3,93	0,76

¹Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tratamento de Sementes	EC	ECO	IVE	CPA	CR	MS
T1= Controle	1,616 b	1,920 a	1,274 a	2,322 a	2,434 a	1,045 a
T2= Trat fito	1,757 a	2,000 a	1,304 a	2,293 a	2,462 a	1,052 a
T3= Trat fito+ Florite 1127 [®]	1,731 a	1,920 a	1,296 a	2,376 a	2,485 a	1,053 a
T4= Trat fito+ Resi SolidGV5 [®]	1,773 a	1,920 a	1,271 a	2,370 a	2,412 a	1,047 a
T5= Trat fito+ Polyseed CF [®]	1,798 a	1,975 a	1,348 a	2,380 a	2,473 a	1,052 a
T6= Trat fito+ Verm Dynaseed [®]	1,794 a	1,896 a	1,271 a	2,295 a	2,355 a	1,042 a
CV(%)	3,24	4,41	4,51	2,57	3,93	0,76

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

APÊNDICE K - Resumo da análise de variância da Capítulo II, quadrados médios da análise de embebição de sementes, contendo o Thiamethoxam, e Carbendazim. Sementes de Arroz, EPAGRI 108, UFSM, Santa Maria, 2016.

FV	GL	Thiamethoxam	Carbendazim
EPAGRI 108			
Trat.Sementes	4	30596.800*	17926.039*
Resíduo	15	4476.620	395.456
CV (%)		9,38	8,02

¹Significativo a 5% de probabilidade de erro.