

# Gestão dos processos para produção de sementes: Do campo a pós-colheita

## Volume 2: controle de qualidade

**Cristina Rossetti**

**Lilian Vanussa Madruga de Tunes**

**Tiago Zanatta Aumonde**

**Tiago Pedó**

Organizadores



Pantanal Editora

2023

**Cristina Rossetti**  
**Lilian Vanussa Madruga de Tunes**  
**Tiago Zanatta Aumonde**  
**Tiago Pedó**  
Organizadores

**Gestão dos processos para produção  
de sementes: do campo a pós-colheita**  
**Volume 2: controle de qualidade**



Pantanal Editora

2023

Copyright© Pantanal Editora

**Editor Chefe:** Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Executivos:** Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diagramação:** A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

### Conselho Editorial

#### Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu  
Prof. Dra. Allys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña  
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. MSc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira  
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto  
Prof. MSc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira  
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez  
Prof. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira  
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Prof. Dra. Patrícia Maurer  
Prof. Dra. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Prof. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Instituição

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Rede Municipal de Niterói (RJ)  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
SED Mato Grosso do Sul  
IFPR  
Tec-NM (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Conselho Técnico Científico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

**Catálogo na publicação**  
**Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

G393

Gestão dos processos para produção de sementes: do campo a pós-colheita - Volume 2: controle de qualidade / Organizadores Cristina Rossetti, Lilian Vanussa Madruga de Tunes, Tiago Zanatta Aumonde, et al. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2023.  
137p. ; il.

Outro organizador: Tiago Pedó

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-12-9

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756129>

1. Sementes. 2. Arroz. I. Rossetti, Cristina (Organizadora). II. Tunes, Lilian Vanussa Madruga de (Organizadora). III. Pedó, Tiago (Organizador). IV. Título.

CDD 631.521

Índice para catálogo sistemático

I. Sementes



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **Apresentação**

A semente representa o principal e mais importante insumo da agricultura, sendo indispensável no sistema produtivo, atuando no mercado agrícola como protagonista das inovações tecnológicas. Uma agricultura forte e competitiva não se mantém nos dias de hoje sem um eficiente arcabouço legal que assegure essa produção, sem o comprometimento com a qualidade das sementes produzidas.

Sendo a Gestão de Sistemas e Processos o enfoque administrativo e técnico, utilizada por empresas que buscam a otimização e melhoria da cadeia de seus processos, objetivando atender as necessidade e expectativas das partes interessadas, assegurando o melhor desempenho possível do sistema a partir da mínima utilização de recursos e do máximo índice de acerto.

Contudo, os sistemas de gestão da qualidade têm como objetivo verificar todos os processos da empresa e como esses processos podem melhorar a qualidade dos produtos e serviços frente aos clientes. A escolha da semente a ser utilizada pela empresa é geralmente uma decisão técnico-administrativa, tendo em conta a origem, espécie e cultivar, quantidade e preço. É aconselhável que se façam visitas aos programas de investigação das instituições de pesquisa que lançam cultivares, assim como dos possíveis fornecedores de sementes para a sementeira. Portanto, a qualidade é o elemento básico que distingue uma empresa medíocre de uma excelente. Para se alcançar este ponto, se deve utilizar métodos para implementar de forma contínua, assim como, uma vez alcançado, demonstrar por todos os meios, que a empresa, conquistou os mais altos padrões de qualidade.

Sendo assim, neste e-book organizamos alguns pontos que irão falar sobre a prospecção da gestão dos processos para a produção de sementes, mostrando o quão importantes são os avanços na ciência, tecnologia e comercialização de sementes e como estes possibilitam o fornecimento aos agricultores de sementes de alta qualidade, levando nosso país a se tornar um dos grandes produtores de alimentos.

## Sumário

<b>Apresentação</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>6</b>
Qualidade Fisiológica de Sementes de Arroz Orgânico após o Beneficiamento	6
<b>Capítulo 2</b>	<b>17</b>
Determinação da primeira contagem de germinação em sementes de arroz e sua utilização como teste de vigor	17
<b>Capítulo 3</b>	<b>29</b>
Qualidade de sementes de arroz irrigado, cultivares EPAGRI, em função da época de colheita	29
<b>Capítulo 4</b>	<b>42</b>
Condicionamento fisiológico em sementes de hortaliças	42
<b>Capítulo 5</b>	<b>56</b>
Avaliação da Qualidade Fisiológica em Sementes de Soja no Armazenamento	56
<b>Capítulo 6</b>	<b>75</b>
Avaliação do vigor de sementes de milho doce pelos testes de frio e envelhecimento acelerado	75
<b>Capítulo 7</b>	<b>82</b>
Determinação do grau de infestação de <i>Sitotroga cerealella</i> (Oliver, 1789) (Lepidoptera: Gelechiidae) em sementes de trigo por meio de análise de imagens radiográficas e multiespectrais	82
<b>Capítulo 8</b>	<b>94</b>
Qualidade fisiológica de amostras de lotes de Sementes de soja mantidas em arquivo no Laboratório de Análise de Sementes	94
<b>Capítulo 9</b>	<b>111</b>
Métodos para superação de dormência em sementes de Lúpulo ( <i>Humulus lupulus</i> )	111
<b>Capítulo 10</b>	<b>121</b>
Combinações de substratos e temperaturas para o teste de germinação de sementes de arroz, trigo, milho, feijão e soja	121
<b>Índice Remissivo</b>	<b>135</b>
<b>Sobre os organizadores</b>	<b>136</b>

# Determinação do grau de infestação de *Sitotroga cerealella* (Oliver, 1789) (Lepidoptera: Gelechiidae) em sementes de trigo por meio de análise de imagens radiográficas e multiespectrais

 10.46420/9786585756129cap7

Fabiano França da Silva<sup>1</sup> 

Natalia Pedra Madruga<sup>2</sup> 

Andreia da Silva Almeida<sup>3</sup> 

Daniele Brandstetter Rodrigues<sup>4</sup> 

Lilian Vanussa Madruga de Tunes<sup>5</sup> 

## INTRODUÇÃO

A produção brasileira de sementes e grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) têm ocupado posições significativas no mercado interno e externo. Quanto ao cenário sementeiro do trigo são estimadas a produção de 642,57 mil toneladas (Kist et al., 2019), e a produção de grãos está estimada em 5,47 milhões de toneladas, na safra 2018/19 (CONAB, 2019).

Como o principal desafio na área de sementes e grãos está a ampliação da produção associada à racionalização de custos, insumos e manejo, para atender esses requisitos, os agentes de pesquisa e desenvolvimento tem buscado desenvolver e manter materiais com alto rendimento produtivo, geradores de sementes e grãos de boa aparência e com atributos de qualidades físicas, fisiológicas e sanitária, especialmente com tolerância e resistência às principais doenças e insetos praga (Tavares et al., 2016; Carvalho et al., 2019; Kist et al., 2019).

Em regiões de clima tropical quente e temperado a ocorrência de insetos-praga *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* (Herbst), *Rhizopertha dominica* (F.) e *Sitotroga cerealella* (Olivier) ocorrem em níveis críticos (Bushra & Aslam, 2014; Demissie et al., 2014). A espécie *S. cerealella* é a praga primária

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Av. Eliseu Maciel, s/n, 96010-900, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Av. Eliseu Maciel, s/n, 96010-900, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Av. Eliseu Maciel, s/n, 96010-900, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Av. Eliseu Maciel, s/n, 96010-900, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Av. Eliseu Maciel, s/n, 96010-900, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

\* Autor(a) correspondente: [cristinarosseti@yahoo.com.br](mailto:cristinarosseti@yahoo.com.br) (54) 999678406

problemática para as sementes e grãos de milho, sorgo, trigo, soja, arroz e outras espécies, cuja infestação ocorre na pré-colheita, no armazenamento e na pós-colheita. Com até 280 posturas de ovos na superfície das sementes e dos grãos, há eclosão das larvas e perfuração das sementes e grãos para consumo das reservas e construção das galerias internas. Após contínuos ínstaes larvais ocorre o estágio pupal, que dura até 10 dias. Os adultos deixam as sementes e grãos por orifício de saída (Keszthelyi et al., 2016; Ma et al., 2016).

A incidência da traça-dos-cereais na massa de sementes e grãos possibilita o estabelecimento de pragas secundárias e, por promoverem aumento da temperatura e umidade, favorece o desenvolvimento de fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Ambos fatores potencializam as perdas qualitativas e quantitativas, com índices de até 50% na perda de peso das sementes e grãos e reflexos na redução acentuada da germinação e do vigor das sementes (Lazzari et al., 1997; Aquino & Potenza, 2013; Bushra & Aslam, 2014; Carvalho et al., 2017; Mubayiwa et al., 2018).

Em vista dos prejuízos dos insetos à qualidade das sementes e grãos, que afetam o valor do produto e a sua comercialização, convencionou-se por meio do Decreto nº 5.153, de 23/07/2004, que regulamenta a Lei de Sementes nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, o controle e a manutenção da qualidade sanitária das sementes produzidas por meio do exame de sementes infestadas, um mecanismo de garantidor dos padrões de identidade e qualidade de sementes para a liberação dos lotes (BRASIL, 2004; 2009).

Na metodologia tradicional do “exame de sementes infestadas” o analista inspeciona, com objetos perfurocortantes, 200 sementes individuais, observando sinais de infestação por insetos na superfície externa e danos nas estruturas internas da semente. Trata-se de uma metodologia morosa, que condiciona a fadiga visual do analista, problemas de ergonomia e possíveis risco a saúde do analista pelo uso de lâminas de corte, o que compromete a qualidade das análises (Carvalho et al., 2019; França-Silva et al., 2019; Gomes-Junior, 2019).

Existem metodologias alternativas para a detecção da infestação por insetos em sementes e grãos, a exemplos do corante fucsina ácida para identificar sinais de oviposição, funil de Berlese, sonda de vácuo, flutuação, técnicas acústicas, ressonância nuclear magnética e imunoenaios, além da análise radiográfica, análise multiespectral e hiperespectral (Pedersen & Brown, 1960; Neethirajan et al., 2007; Forti et al., 2008; Keszthelyi et al., 2016). Os métodos citados diferem em termos de eficiência na detecção dos diferentes estágios de desenvolvimento do inseto, morosidade, demanda por analistas treinados e viabilidade de implementação (Neethirajan et al., 2007).

A análise radiográfica e a análise multiespectral apresentam-se como metodologias potenciais para detecção rápida, segura, não invasiva, não destrutiva e menos subjetiva da qualidade sanitária de sementes e grãos, mas é teorizado que essas técnicas não detecte todos os sinais de infestação e estágios de desenvolvimento da traça-dos-cereais. Diante do exposto, objetiva-se avaliar a viabilidade de utilização da análise de imagens radiográficas sem contraste, com contraste e imagens multiespectrais para

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Imagens de Sementes e Plântulas do Departamento de Produção Vegetal, na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, da Universidade de São Paulo, durante o período de janeiro a junho de 2019.

Utilizando três caixas plásticas transparente tipo Gerbox, com capacidade para 250 mL e com dimensões de 11 cm x 11 cm x 3,5 cm, foram colocadas no interior de cada uma 400 sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). Dentro dos respectivos recipientes com as sementes foram colocados 5 casais de insetos adultos de *S. cerealella*. Os recipientes foram fechados com tecido do tipo voile, para garantir circulação de ar e sobrevivência dos insetos e mantidos em sala climatizada (25 °C e 65% UR) com escotofase, por um período de 15 dias.

Aos 5 e 10 dias após incubação, quando constatada a ocorrência de oviposição, eclosão de larvas, construção de galerias no interior das sementes, estágio de pupa e desenvolvimento do inseto adulto dentro das sementes, procedeu-se as avaliações para determinação do grau de infestação e detecção dos estágios de desenvolvimento de *S. cerealella* em sementes de trigo por meio das seguintes metodologias:

**Teste de raios X (radiografia sem contraste):** aos 5 e 10 dias após incubação das sementes com os insetos foram retiradas 200 sementes de trigo dos recipientes e divididas em seis repetições de 50 sementes, estas foram sobrepostas em placas transparentes de filme de poliéster com fita adesiva dupla face. As sementes foram numeradas uma a uma conforme a posição na placa para possibilitar sua identificação e posteriormente conduzidas ao interior do aparelho Faxitron X-ray, modelo MX-20 digital. A captura das imagens radiográficas foi realizada utilizando intensidade de radiação de 24 kv, com 10 segundos de exposição e 20 cm de distância entre a amostra e a fonte emissora. As amostras foram retiradas do equipamento e submetidas a análise radiográfica com contraste.

**Teste de raios X (Radiografia com contraste):** as amostras de sementes de trigo sobrepostas nas placas de filme de poliéster com fita adesiva dupla face e utilizadas na etapa anterior foram colocadas em recipientes de vidro hermético com 12 capacidade para 300 mL, e expostas em contato indireto com clorofórmio (CHCl<sub>3</sub>), umedecido em algodão e fixado na parte superior da tampa com auxílio de alça metálica, por 2h. Em seguida as amostras foram submetidas ao teste de raios X, utilizando intensidade de radiação de 24 kv, com 10 segundos de exposição e 20 cm de distância entre a amostra e a fonte emissora. As amostras foram retiradas do equipamento e submetidas à análise multiespectral.

**Análise multiespectral:** as amostras de sementes de trigo sobrepostas em placas de transparências e utilizadas na etapa anterior foram conduzidas à esfera de integração do equipamento VideometerLab®. Na borda da esfera, após pulsos sucessivos dos 19 diodos emissores de luz (LEDs) contíguos, o chip padrão de carga acoplada monocromática (CCD) registrou-se a reflectância das sementes e gerou 19 imagens multiespectrais de 2056 × 2056 pixels, cada qual relacionada a diferentes

comprimentos de onda do espectro eletromagnético (405, 435, 450, 470, 505, 525, 570, 590, 630, 645, 660, 700, 780, 850, 870, 890, 910, 940 e 970 nm) (Salimi & Boelt, 2019). Após aquisição das imagens, foi identificado em cada uma a regiões de interesse (sementes) de modo a separá-las do plano de fundo utilizando a ferramenta 'Background' do software de análise VideometerLab®. Em seguida, as imagens RGB foram transformadas em imagens multiespectrais utilizando a ferramenta "inverse jet" (Olesen et al., 2011; Cruz-Castillo et al., 1994). Dentre as 19 imagens espectrais geradas e correspondentes as bandas do espectro eletromagnético, selecionou-se aquela que melhor indicava alterações nas "falsas-cores" das sementes, o que correspondia ao indício de semente infestada e/ou danificada pelo inseto.

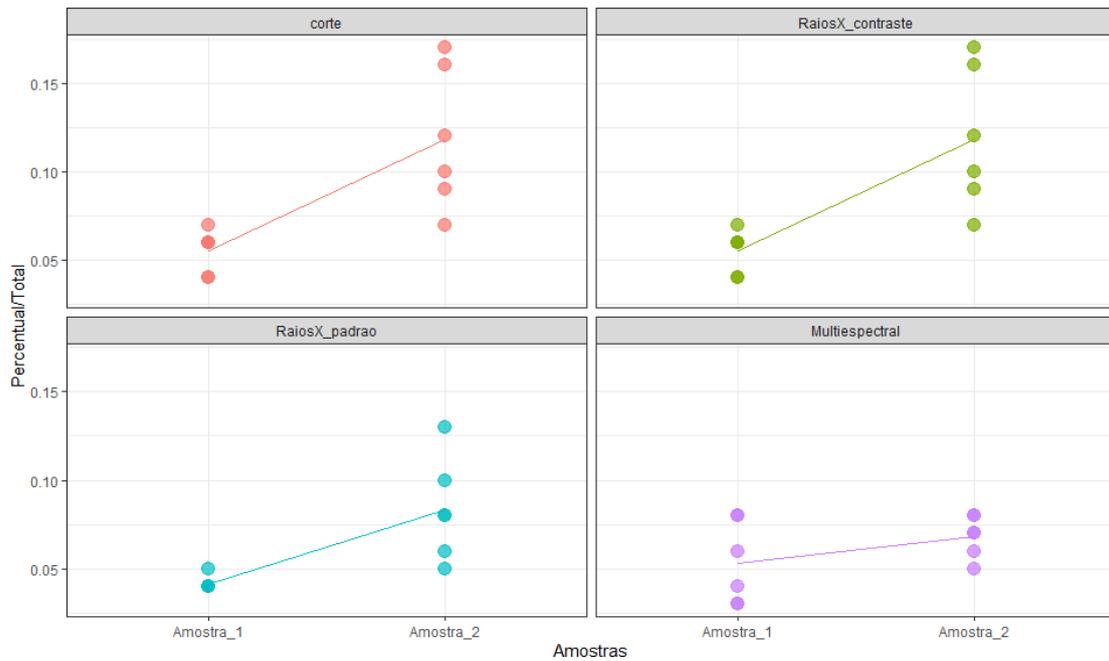
**Exame de sementes infestadas pelo método tradicional:** após a capturas das imagens radiográficas sem contraste, com contraste e imagens multiespectrais, as sementes foram retiradas das placas de transparência, distribuídas em caixas de plástico com compartimentos individuais e colocadas em imersão em água por 24 h. Em seguida, com ajuda de objeto perfurocortante, procedeu-se a secção longitudinal e individual das sementes para confirmação ou não da presença de danos, ovos, larvas, pupas e adultos da traça-dos-cereais no interior das sementes. O resultado foi expresso em porcentagem de sementes infestadas, conforme regras para análise de sementes (BRASIL, 2009).

As sementes infestadas, ou não, pelo inseto foram fotografadas com auxílio de microscópio estereoscópico (40x) e os resultados foram comparados com as contagens realizadas para nas imagens das sementes radiografadas com contraste, sem contraste e imagens multiespectrais.

**Procedimentos e análise estatística:** o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 repetições de 50 sementes. Os fatores analisados, foram os 4 métodos e 2 amostras (períodos de avaliação), avaliando-se a proporção de sementes de trigo infestadas por *S. cerealella*. Foi empregada a metodologia de modelos lineares generalizados (MLG) e a inferência das médias foi realizada pelo teste de Tukey com 5% de significância. Todas as análises foram realizadas com o software R (R Development Core Team®, 2017).

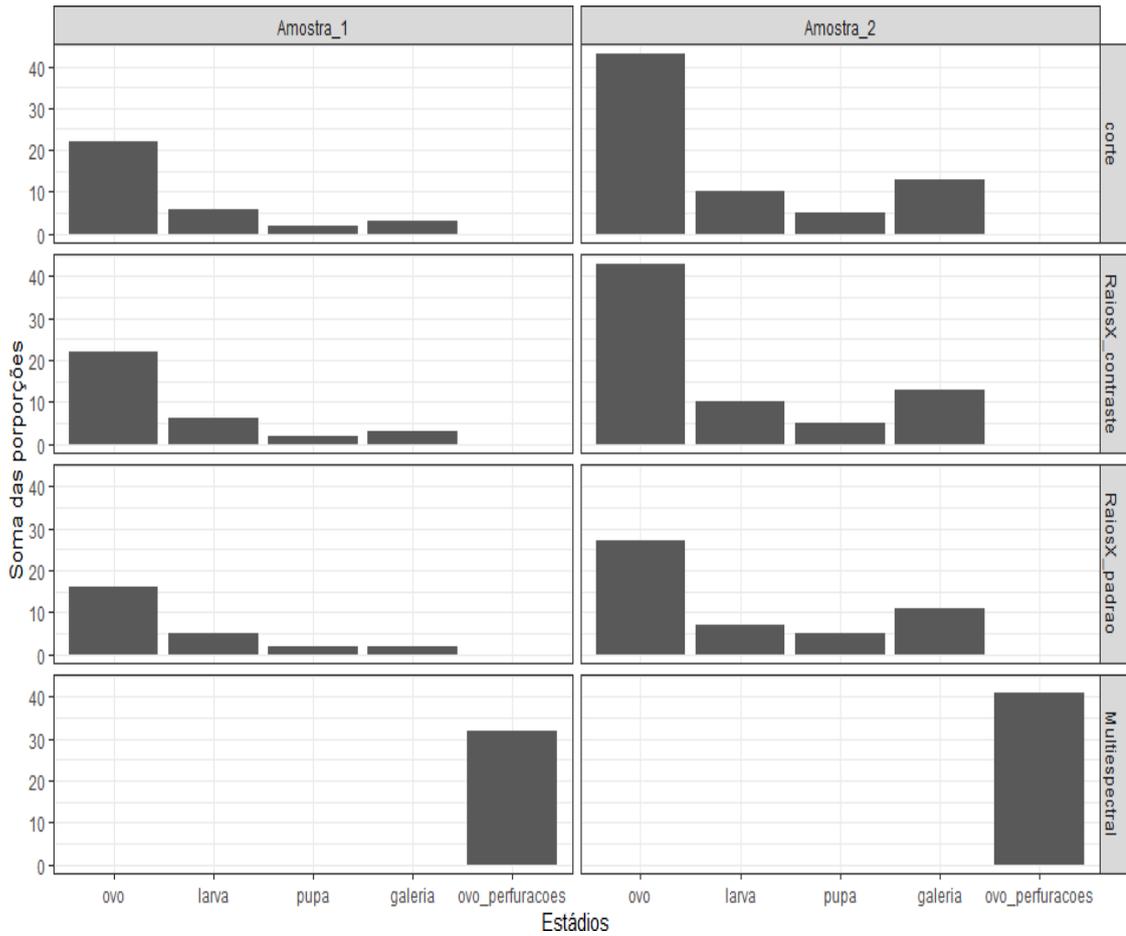
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise visual das médias e variâncias de infestação total em função da metodologia e das amostras/período de avaliação foi observada, com exceção do método multiespectral, maior variabilidade nas amostras 2 (avaliação aos 10 dias após incubação) (Figura 1). Comportamento similar ocorreu nos métodos convencional (corte das sementes) e raios X com contraste. Na comparação entre os dois períodos de avaliação (amostras) houve maior percentual de sementes infestadas por inseto na amostra 2.



**Figura 1.** Representação média do percentual total de infestação da traça-dos- cereais nas sementes de trigo, em relação às metodologias de detecção de sementes infestadas e amostras de trabalho.

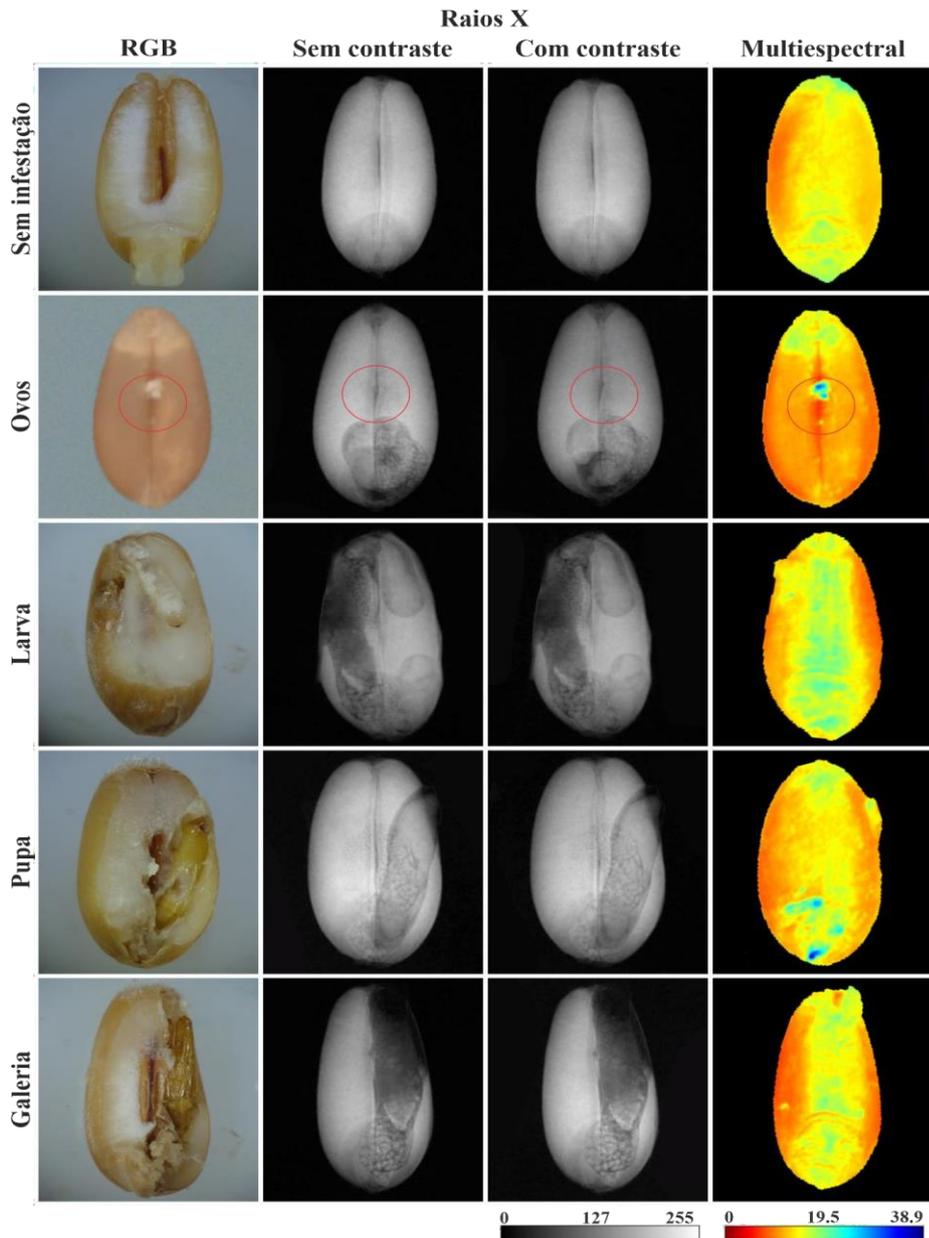
Nas proporções totais de sementes infestadas em função dos estágios de desenvolvimento do inseto em cada período de avaliação (Figura 2), foi observado que no método multiespectral a classificação dos estágios diferiu em relação aos métodos convencional, radiografia sem contraste e radiografia com contraste. O uso de imagens multiespectrais somente permitiu observar sinais de ovos e perfurações provocados pela traça-dos-cerais, cuja proporção de infestação foi superior no segundo período de avaliação e os referidos estágios foram observados em maiores proporções nas demais metodologias utilizadas.



**Figura 2.** Somatório da infestação de sementes de trigo, em cada amostra, em relação aos estágios de desenvolvimento da traça-dos-cereais detectados na metodologia convencional (corte) e metodologias não-destrutivas (raios X e multiespectral).

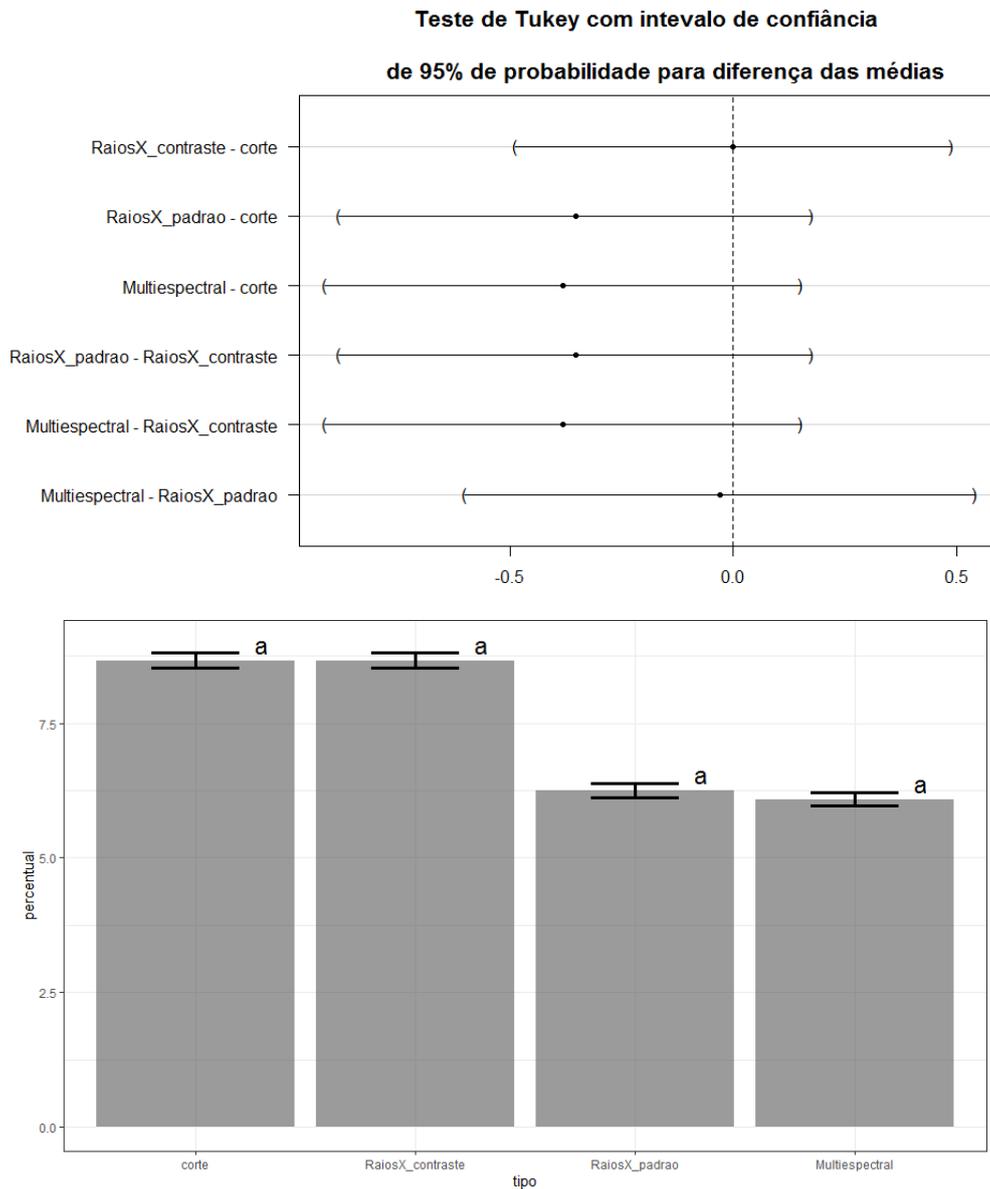
Observando cada um dos métodos separadamente, verificou-se que os métodos convencionais (corte) e raios X com contraste apresentaram proporções similares dos estágios, em ambas as amostras similares de infestação em função dos estágios, em ambas as amostras.

A partir do uso das metodologias tradicional com corte, raios X sem contraste, raios X com contraste e imagens multiespectrais para o exame de sementes infestadas foi possível constatar o comportamento das referidas metodologias quanto à caracterização de identificação de ovo, larva, pupa, inseto adulto e dos danos nas sementes de trigo provocados por *S. cerealella* (Figura 3).



**Figura 3** - Caracterização de semente de trigo (*Triticum aestivus* L.) sem danos e com presença de infestação por *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) nos estágios de desenvolvimento como sinais de ovo/oviposição, larva, pupa e galerias internas às sementes observadas em secção das sementes com lâmina, radiografias sem contraste e com contraste e imagens multiespectrais.

Por fim, conforme análise estatística do teste de Tukey para comparação múltipla (Figura 4) demonstrou, nenhum dos contrastes realizados dois a dois evidenciaram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre as metodologias sugeridas e a metodologia convencional, com corte, para detecção e quantificação de sementes infestadas por insetos.



**Figura 4** - Representação das médias marginais dos percentuais das sementes infestadas considerando a metodologia utilizada e avaliação dos dados conforme teste de Tukey. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si.

A detecção dos danos e a presença dos estágios de desenvolvimento de *S. cerealella* internamente às sementes de trigo por intermédio das análises radiográficas decorrem da capacidade de os raios X formarem distintos níveis de atenuação (intensidade de cinza) entre as sementes e os insetos presentes e, em função de apresentarem densidades distintas gera a referida atenuação.

Nas imagens radiográficas de sementes infestadas as regiões que se mostram menos densas, como os sinais de danos e oviposição, aparecem em cor mais escura, enquanto um meio mais denso, como sementes intactas, aparece em cinza claro (Crocker et al., 2014).

Assim como no presente trabalho, estudos prévios já demonstravam respostas satisfatórias para o uso da radiografia no sentido de auxiliar na caracterização dos estágios de desenvolvimento e dos danos de *Sitophilus granarius* em diferentes estágios e os danos provocados em grãos de trigo (Haff & Slaughter,

2014), classificação de danos por percevejos em sementes de *Crotalaria juncea* L. (Arruda et al., 2016), detecção de infestação de *Callosobruchus maculatus*, em função dos estágios de desenvolvimento em soja (Chelladurai et al., 2014), classificação do gorgulho do milho em função dos ínstares larvais, pupas e adultos (Brabec et al., 2017).

A proximidade dos resultados de infestação por insetos obtidos a partir das radiografias com contraste em relação à metodologia convencional com corte foi demonstrada por Carvalho et al. (2019). A precisão da radiografia com contraste na detecção da infestação tem relação com o fato de o clorofórmio penetrar nas áreas danificadas da semente e gerar diferenças na densidade dos tecidos, de modo que as áreas afetadas pelo inseto aparecem mais brilhantes (cinza claro) nas radiografias de análise (Simak, 1957; Carvalho et al., 2019).

Ressalta-se que mesmo usando radiografias sem contraste e com contraste é possível que sinais de oviposição e larvas passem despercebidos na análise das referidas imagens, que pode ser resultado da qualidade das radiografias, da umidade das sementes avaliadas, da distância entre as sementes e a fonte emissora de raios X, da interpretação do analista e até mesmo de ruídos radiográficos (Pedersen & Brown, 1960; Al-Mezeini et al., 2016; Carvalho et al., 2019). Alternativamente, tem-se resolvido tais problemas de identificação tanto por segmentação das radiografias, a partir do uso de algoritmo e, em último caso combinando os recursos de raios X com equipamentos hiperespectrais para aumentar a precisão de classificação dos estádios iniciais de desenvolvimento (ovos e larvas) de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Chelladurai et al., 2014).

Apesar de o sistema de imagens multiespectrais (MSI) não ser eficiente na detecção dos diferentes estágios de desenvolvimento de *S.cerealella* internos em sementes de trigo, a capacidade de detectar sementes infestadas é um avanço em relação aos estudos estomológicos já conduzidos com o sistema MSI que se voltaram à identificação de espécies de gorgulho do arroz, *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae) com uso de comprimentos de ondas da região do visível ao infravermelho (CAO et al., 2015), determinação de espécies e idades de pupas de mosca-boi (Diptera: Calliphoridae) (Voss et al., 2017), separação de casulos mortos e vivos de *Bathyplectes curculionis* Thomson (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Shrestha et al., 2018). Os resultados foram justificados dada à sensibilidade e capacidade de o sistema MSI capturar variações físicas e químicas nas sementes decorrentes do ataque/ocorrência dos insetos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das radiografias sem contraste e com contraste apresentaram sensibilidade similar ao método tradicional, com corte, na detecção de danos e percentual de infestação de *Sitotroga cerealella* em diferentes estágios de desenvolvimento em sementes de trigo.

Por ser menos morosos e sem riscos a segurança do analista, em relação ao método convencional, ambos os métodos de análise radiográfica demonstram ser apropriados para o exame de sementes infestadas por insetos.

O sistema de imagem multiespectral utilizado no estudo, apesar de não possibilitar a identificação do tipo de estágio de desenvolvimento do inseto que ocorre no interior das sementes de trigo, demonstrou ser uma ferramenta rápida e em potencial para estimar o percentual total de sementes de trigo infestadas ou não por *Sitotroga cerealella* de forma não destrutiva.

Estudos futuros são necessários para estudar metodologias alternativas e complementares para melhorar a eficiência da análise radiográfica e da análise multiespectral no sentido de serem utilizadas para a identificação de distintos insetos-praga que infestam diferentes espécies de sementes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Mezeini, N., Manickavasagan, A., Al-Yahyai, R., Al-Wahaibi, A.K., Al-Raeesi, A.A., & Khriji, L. (2016). X-ray imaging of stored dates to detect infestation by saw-toothed beetles. *International Journal of Fruit Science*, 16, 42-56.
- Aquino, S., & Potenza, M. R. (2013). Análise da microbiota associada à entomofauna em rações a granel para animais domésticos. *Arquivos do Instituto Biológico*, 80(2), 243-247.
- Arruda, N., Cicero, M.S., & Gomes-Junior, F.G. (2016). Radiographic analysis to assess the seed structure of *Crotalaria juncea* L. *Journal of Seed Science*, 38, 1-8.
- Brabec, D., Dowell, F., Campbell, J., & West, M. (2017). Detection of internally infested popcorn using electrically conductive roller mills. *Journal of Stored Products Research*, 70, 37-43.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). Regras para análise de sementes. Brasília, DF: Mapa/ACS. Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 142, p. 6, 26 jul. 2004.
- Bushra, S., & Aslam, M. (2014). Management of *Sitotroga cerealella* in cereal grains: a review. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47, 2365-2376.
- Cao, Y., Zhang, C., Chen, Q., Li, Y., Qi, S., Tian, L., & Ren, Y. (2015). Identification of species and geographical strains of *Sitophilus oryzae* and *Sitophilus zeamais* using the visible/near-infrared hyperspectral imaging technique. *Pest Management Science*, 71, 1113–1121.
- Carvalho, C., Kist, B.B., Santos, C.E., & Treichel, M. (2017). Anuário brasileiro de sementes. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz.
- Carvalho, M. L. M., Leite, E. R., Carvalho, G. A., França-Silva, F., Andrade, D. B., & Marques, E. R. (2019). The Compared efficiency of the traditional method, radiography without contrast and radiography with contrast in the determination of infestation by weevil (*Sitophilus zeamais*) in maize seeds. *Insects*, 10, 156-164.

- Chelladurai, V., Karuppiyah, K., Jayas, D. S., Campos, P. G., & Branco, N. D. G. (2014). Detection of *Callosobruchus maculatus* (F.) infestation in soybean using soft X-ray and NIR hyperspectral imaging techniques. *Journal of Stored Products Research*, 57, 43-48.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. (2019). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2018-2019. *Conab*, 6(11), 11-21.
- Crocker, T., Thamburaj, R., & Nagar, A. (2014). Segmentation techniques in X-ray images for the analysis of mango stem boring insects. *Mathematics for Applications*, 3, 33-44.
- Demissie, G., Rajamani, S., & Ameta, O. P. (2014). Effect of temperature and relative humidity on development and survival of *Angoumois grain* moth, *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae) on stored maize. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 15(2), 9-21.
- Forti, V. A., Cicero, S. M., & Pinto, T. L. F. (2008). Análise de imagens na avaliação de danos mecânicos e causados por percevejos em sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, 30(1), 121-130.
- França-Silva, F., Carvalho, M. L. M., Carvalho, G. A., Andrade, D. B., Souza, V. F., & Marques, E. R. (2019). Radiographic analysis to test maize seeds for the presence of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Seed Science and Technology*, 47(3), 249-260.
- Gomes-Junior, F. G. (2019). Sementes: a era das imagens digitais em laboratório. *A Granja*, Porto Alegre, 58-59.
- Haff, R. P., & Slaughter, D. C. (2014). Real-time X-ray inspection of wheat for infestation by the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.). *Transactions of the ASAE*, 47, 531-537.
- Keszthelyi, S., Kovacs, G., & Donko, T. (2016). Computer tomography-assisted imaging analysis in damaged maize grain caused by *Sitotroga cerealella*. *Journal Plant Diseases Protection*, 123, 89-92.
- Kist, B. B., Santos, C. E., Carvalho, C., & Beling, R. R. (2019). *Anuário brasileiro de sementes*. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz.
- Lazzari, F. A. (1997). *Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações*. 2ª ed. Curitiba: Ed. autor.
- Ma, M., Chang, M. M., Lei, C. L., & Yang, F. L. (2016). A garlic substance disrupts odorant-binding protein recognition of insect pheromones released from adults of the angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Insect Molecular Biology*, 25(5), 530-540.
- Mubayiwa, M., Mvumi, B. M., Stathers, T. E., Mlambo, S. S., & Nyabako, T. (2018). Blanket application rates for synthetic grain protectants across agroclimatic zones: Do they work? Evidence from field efficacy trials using sorghum grain. *Crop Protection*, 109, 51-61.
- Neethirajan, S., Karunakaran, C., Jayas, D. S., & White, N. D. G. (2007). Detection techniques for stored-product insects in grain. *Food Control*, 18(2), 157-162.
- Pedersen, J. R., & Brown, R. A. (1960). X-ray microscope to study the behavior of internal-infesting grain insects. *Journal of Economic Entomology*, 53, 678-679.

- R Development Core Team. (2017). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 24 de dez. 2019.
- Shrestha, S., Topbjerg, H.B., Ytting, N.K., Skovgård, H., & Boelt, B. (2018). Detection of live larvae in cocoons of *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) using visible/near-infrared multispectral imaging. *Pest Management Science*, 74, 2168–2175.
- Simak, M. (1957). The X-ray contrast method for seed testing Scots Pine-Pinus silvestres. *Meddelanden Fran Statens Skogsforskningsinstitut*, 47, 1-21.
- Tavares, L. C., Mendonça, A. O., Gadotti, G. I., & Villela, F. A. (2016). Estratégias de marketing na área de sementes. *Arquivos do Instituto Biológico*, 83(e0882014), 1-9.
- Voss, S.C., Magni, P., Dadour, I., & Nansen, C. (2017). Reflectance-based determination of age and species of *Blowfly puparia*. *International Journal of Legal Medicine*, 131, 263–274.

## Índice Remissivo

- A**  
Armazenamento, 56  
Arroz, 6, 17, 123, 124, 125
- B**  
Beneficiamento, 6
- E**  
Envelhecimento Acelerado, 77, 102, 106
- F**  
Feijão, 124, 127
- G**  
Germinação, 50, 100
- H**  
Hortaliças, 42
- L**  
Lotes, 79, 80
- Lúpulo, 111, 114, 115, 116
- M**  
Milho, 123, 124, 130
- Q**  
Qualidade Fisiológica, 6, 56, 59
- S**  
*S. cerealella*, 82, 84, 85, 87, 89  
Sementes, 6, 8, 9, 10, 17, 19, 20, 30, 31, 37  
Soja, 56, 123, 124, 129  
Substratos, 80
- T**  
Teste de Frio, 77  
Tetrazólio, 59, 67, 69, 104, 107  
Trigo, 124, 132
- V**  
Viabilidade, 104, 107

## Sobre os organizadores



  **Cristina Rossetti**

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Pelotas (2014/2019); Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes-UFPeI (2019/2021); Técnica em Agropecuária pelo IFRS Campus Bento Gonçalves/RS (2010/2013); Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da UFPeI, bolsista da CAPES. Contato: [cristinarossetti@yahoo.com.br](mailto:cristinarossetti@yahoo.com.br)



  **Lilian Vanussa Madruga de Tunes**

Atualmente Coordenadora do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Sementes. Professora Associada da carreira de Agronomia (FAEM/UFPeI); PPG Sementes Acadêmicas e Profissionais e Especialização; atuando na área de Gestão de Controle de Qualidade de Sementes dos Processos de Qualidade de Sementes e responsável pelo Laboratório de Análise Didática de Sementes da PPG Seeds. Orienta alunos de Iniciação Científica, Especialização, Mestrado Acadêmico e Profissional e Doutorado. Professor de Engenharia, Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeI/RS/2007), Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes (UFPeI/RS/2009); Doutora em Agronomia (UFPeI/RS/2011) e Pós-Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes (UFPeI/RS/2012). Contato: [lilianmtunes@yahoo.com.br](mailto:lilianmtunes@yahoo.com.br)



  **Tiago Zanatta Aumonde**

Engenheiro Agrônomo (2007) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). Mestre em Fisiologia Vegetal (2010) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes (2012) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). É Professor Titular da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e Professor Titular do Programa de Pós-Graduação em C&T de Sementes da UFPeI. Foi Coordenador do Curso de Especialização e Coordenador Adjunto do Mestrado Profissional e do Mestrado Acadêmico e Doutorado em C&T Semente da UFPeI. Atualmente é Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - PQ2 e Coordenador Adjunto do Mestrado Profissional e do Mestrado Acadêmico e Doutorado em C&T Semente da UFPeI. Contato: [tiago.aumonde@gmail.com](mailto:tiago.aumonde@gmail.com)



  **Tiago Pedó**

Engenheiro Agrônomo (2010) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). Mestre em Agronomia (2012) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes (2014) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). É professor da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). Professor Titular do Programa de Pós-Graduação em C&T de Sementes da UFPeI. Atualmente é Coordenador do Curso de Especialização, Mestrado Acadêmico e Doutorado em C&T Semente da UFPeI. Contato: [tiago.pedo@gmail.com](mailto:tiago.pedo@gmail.com)



**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

