

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

Jéssica Andiana Kleinpaul

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DE SEMENTES DE  
ARROZ SUBMETIDAS A PRÉ-SECAGEM E ENVELHECIMENTO  
ACCELERADO

Santa Maria, RS  
2023

**Jéssica Andiará Kleinpaul**

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DE SEMENTES  
DE ARROZ SUBMETIDAS A PRÉ-SECAGEM E ENVELHECIMENTO  
ACCELERADO**

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

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes

Santa Maria, RS  
2023

Kleinpaul, Jéssica Andiará  
ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DE SEMENTES DE  
ARROZ SUBMETIDAS A PRÉ-SECAGEM E ENVELHECIMENTO ACELERADO  
/ Jéssica Andiará Kleinpaul.- 2023.  
115 p.; 30 cm

Orientador: Ubirajara Russi Nunes  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2023

1. Oryza sativa L. 2. Teste de germinação 3. Vigor 4.  
Danos a semente I. Nunes, Ubirajara Russi II. Título.

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

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

---

Todos os direitos autorais reservados a Jéssica Andiará Kleinpaul. A reprodução de partes ou todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte. Endereço: Rua João Goulart, nº 120, Bairro: Camobi, Santa Maria, RS, CEP: 97105-220. Endereço eletrônico: kleinpauljessica@gmail.com

---

Jéssica Andiará Kleinpaul

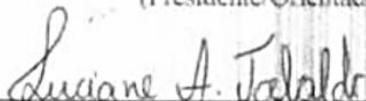
**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DE SEMENTES DE  
ARROZ SUBMETIDAS A PRÉ-SECAGEM E ENVELHECIMENTO  
ACCELERADO**

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

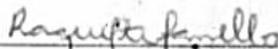
Aprovada em 31 de março de 2023:



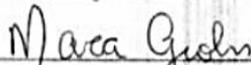
Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes (UFSM)  
(Presidente/Orientador)



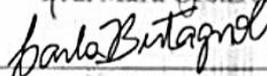
Profa. Dra. Luciane Almeri Tabaldi (UFSM)



Dra. Raquel Stefanello (UFSM)



Dra. Mara Grohs (IRGA)



Profa. Dra. Carla Medianeira Bertagnoli (IFFar)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Armando e Ingride, que me deram toda a estrutura, apoio e confiança para que me tornasse a pessoa que sou hoje.

A meus irmãos Janes, Isabel, Joel e Julio por estarem sempre presentes em minha vida mesmo estando distantes do meu convívio, os quais sempre me incentivaram a seguir os melhores caminhos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes pela sua sabedoria transmitida, esclarecendo as minhas dúvidas, pela sua competência, confiança e conhecimento.

Ao meu namorado Leandro por ter me dado muito apoio e incentivo para atingir meus objetivos.

A todos professores, que contribuíram para obtenção do título de doutora.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

Agradeço aos meus amigos Jocélia Rosa, Géssica De Bastiani e Eduardo Ludwig que nos momentos mais difíceis sempre me apoiaram, tornando estes momentos mais agradáveis ao lado deles.

Agradeço especialmente ao grupo de pesquisa do Laboratório de Sementes, pela amizade, pela ajuda na implantação e avaliação do experimento, bem como nas trocas de conhecimento.

Agradeço aos meus colegas de trabalho da RiceTec, pelo apoio, me incentivando para se tornar Doutora e ampliar meu conhecimento pessoal e profissional.

## RESUMO

### ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DE SEMENTES DE ARROZ SUBMETIDAS A PRÉ-SECAGEM E ENVELHECIMENTO ACELERADO

AUTORA: Jéssica Andiará Kleinpaul

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes

O arroz é mundialmente utilizado na alimentação humana, deste modo há necessidade de ter sementes de qualidade genética, sanitária, física e fisiológica. A composição química e o fissuramento das sementes são influenciados pelo gradiente de umidade durante ou após a secagem, alterando a qualidade das sementes. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito dos tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado em sementes de arroz sobre as alterações fisiológicas e morfológicas nas plântulas de arroz. Foram conduzidos três experimentos em delineamento inteiramente casualizado no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes, da Universidade Federal de Santa Maria. Foram utilizadas as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL com três lotes por cultivar, da safra 2019/2020. As sementes foram submetidas à pré-secagem e envelhecimento acelerado. No artigo 1 foi avaliada a severidade de sementes fissuradas, também a qualidade fisiológica das sementes por meio dos testes: peso de mil sementes, grau de umidade, primeira contagem, germinação, comprimento de parte aérea e de raiz, massa seca de parte aérea e de raiz. No artigo 2 foi avaliado o teste de condutividade elétrica e o teste de tetrazólio. No artigo 3 foi utilizado três lotes da cultivar IRGA 431 CL, utilizando distintas temperaturas para superar a dormência das sementes e em cada temperatura as sementes permaneceram por distintos períodos em estufa de circulação de ar forçado. No experimento do artigo 3 foi avaliado a primeira contagem, germinação, comprimento de raiz e de parte aérea. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste médias Scott-Knott e por análise de regressão nos artigos 1 e 2 e por superfície de resposta no artigo 3. No presente estudo foi possível avaliar a severidade das fissuras em sementes das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL. Para as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL o uso de pré-secagem a 45 °C em estufa de circulação de ar forçado, sem envelhecimento acelerado foi o que causou maior porcentagem de fissuras nas sementes de arroz das três cultivares. Para as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, a superação de dormência com pré-secagem a 45 °C em estufa de circulação de ar forçado e envelhecimento acelerado por 72 ou 96 h a 42 °C é indicado. A condutividade elétrica pode ser indicada para avaliação do vigor das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL. Através do teste de tetrazólio pode-se avaliar a viabilidade e vigor das sementes das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL. Para superação de dormência de sementes da cultivar IRGA 431 CL em estufa de circulação de ar forçado, é mais indicado a temperatura entre 41 e 44 °C por um período de 95 h.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L.. Teste de germinação. Vigor. Danos a semente.

## ABSTRACT

### PHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHANGES OF RICE SEEDS SUBMITTED TO PRE-DRYING AND ACCELERATED AGING

AUTORA: Jéssica Andiará Kleinpaul

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes

Rice is used worldwide in human food, so there is a need to have seeds of genetic, sanitary, physical and physiological quality. The chemical composition and cracking of the seeds are influenced by the moisture gradient during or after drying, altering the quality of the seeds. Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of pre-drying and accelerated aging treatments in rice seeds on physiological and morphological changes in rice seedlings. Three experiments were conducted in a completely randomized design at the Didactic and Seed Research Laboratory at the Federal University of Santa Maria. The cultivars IRGA 431 CL, IRGA 424 RI and Guri INTÁ CL were used with three lots per cultivar, from the 2019/2020 season. The seeds were submitted to pre-drying and accelerated aging. In article 1, the severity of cracked seeds was evaluated, as well as the physiological quality of the seeds through the tests: weight of a thousand seeds, moisture content, first count, germination, shoot and root length, shoot and root dry mass. from root. In article 2, the electrical conductivity test and the tetrazolium test were evaluated. In article 3, three lots of the cultivar IRGA 431 CL were used, using different temperatures to overcome seed dormancy and at each temperature the seeds remained for different periods in a forced air circulation oven. In the experiment of article 3, the first count, germination, root and shoot length were evaluated. The data obtained were submitted to analysis of variance and compared by means of the Scott-Knott test and by regression analysis in articles 1 and 2 and by response surface in article 3. In the present study, it was possible to evaluate the severity of cracks in seeds of cultivars IRGA 431 CL, IRGA 424 RI and Guri INTÁ CL. For the cultivars IRGA 431 CL, IRGA 424 RI and Guri INTÁ CL, the use of pre-drying at 45 °C in a forced air circulation oven, without accelerated aging, was what caused the highest percentage of cracks in the rice seeds of the three cultivars. For the cultivars IRGA 431 CL, IRGA 424 RI and Guri INTÁ CL, breaking dormancy with pre-drying at 45 °C in an oven with forced air circulation and accelerated aging for 72 or 96 h at 42 °C is recommended. The electrical conductivity can be indicated to evaluate the vigor of the cultivars IRGA 431 CL, IRGA 424 RI and Guri INTÁ CL. Through the tetrazolium test, the viability and vigor of the seeds of the cultivars IRGA 431 CL, IRGA 424 RI and Guri INTÁ CL can be evaluated. To overcome dormancy of seeds of the cultivar IRGA 431 CL in a forced air circulation oven, a temperature between 41 and 44 °C for a period of 95 h is more indicated.

**Keywords:** *Oryza sativa* L.. Germination test. Vigor. Seed damage.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 – Série histórica\* de arroz irrigado no Rio Grande do Sul (RS) para área (em mil ha), produtividade (em kg ha<sup>-1</sup>) e produção (em mil toneladas) no período de safra 2015/2016 até 2022/2023 (dados de previsão)..... 22
- Figura 3.1 – Descrição do esquema trifatorial, pré-secagem × envelhecimento acelerado (EA) × cultivar (2 × 5 × 3) no experimento com arroz (*Oryza sativa* L.)..... 39
- Figura 3.2 - Classificação da severidade sementes S1 (sementes sem fissura), S2 (sementes com fissura não severas) e S3 (sementes com fissuras severas) em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.)..... 40
- Figura 3.3 – Médias do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) (PS (EA x C)) e do desdobramento de cultivar dentro de cada nível de pré-secagem e envelhecimento acelerado (C (PS x EA)) do percentual de fissuras nas severidades S1, S2 e S3 (%), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. .... 43
- Figura 3.4 – Gráficos do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar do percentual de fissuras nas severidades S1, S2 e S3 (%), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. .... 45
- Figura 3.5 - Médias do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) (PS (EA x C)) e do desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e pré-secagem (PS) (C (EA x PS)) para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), e das fontes de variação PS e C para massa seca de raiz (MSR, em cm), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020. .... 48
- Figura 3.6 – Gráficos do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm), e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), e da fonte de variação EA para massa de matéria seca de raiz (MSR, em mg), de

sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020. ....	52
Figura 4.1 – Descrição do esquema trifatorial, pré-secagem × envelhecimento acelerado (EA) × cultivar (2 × 5 × 3) no experimento com arroz ( <i>Oryza sativa</i> L) para os caracteres condutividade elétrica (CE) a 20 °C e 25 °C e tetrazólio (TZ). ....	66
Figura 4.2 - Sementes de arroz submetidas ao teste de tetrazólio: classe 1 (A); classe 2 (B); classe 3 (C); e classe 4 (D). ....	68
Figura 4.3 - Teor de água* (%) (barras do gráfico em tom cinza) e peso de mil sementes* (g) (barras do gráfico em tom azul) de três lotes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	70
Figura 4.4 – Desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e pré-secagem (PS) (C (EA x PS)) e do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) (PS (EA x C)) para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	71
Figura 4.5 – Gráficos do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	73
Figura 4.6 - Gráfico do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA, em h) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) das classes do teste de tetrazólio (TZ, em %) (Classe1, Classe 3 e Classe 4) em sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	76
Figura 4.7 – Médias das cultivares para as classes do teste de tetrazólio (%) (Classe1, Classe 2, Classe 3, Classe 4) e soma de sementes viáveis (VV TZ) e sementes vigorosas (VG TZ) em arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	77
Figura 4.8 – Médias do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) das classes do teste de tetrazólio (TZ, %), para Classe1 e Classe 4 e soma de sementes viáveis (VV TZ) e sementes vigorosas (VG TZ) em arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	78

Figura 4.9 – Gráficos do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA, em h) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) das classes do teste de tetrazólio (%) (Classe1, , Classe 4) em sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	79
Figura 5.1– Superfície resposta para primeira contagem (PC, em %), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), da cultivar IRGA 431 CL, safra 2019/2020.....	92
Figura 5.2– Superfície resposta para germinação (G, em %), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), da cultivar IRGA 431 CL, safra 2019/2020. ....	93
Figura 5.3 – Superfície resposta para comprimento de raiz (CR, em cm), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), da cultivar IRGA 431 CL, safra 2019/2020.....	94
Figura 5.4 – Superfície resposta para comprimento de parte aérea (CPA, em cm), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), da cultivar IRGA 431 CL, safra 2019/2020.....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Tabela com caracterização das cultivares (IRGA 431 CL, IRGA 424 RI E Guri INTÁ CL) utilizadas na tese. ....	28
Tabela 3.1 - Teor de umidade (U, em %) e peso de mil sementes (PMS, em g) de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	42
Tabela 3.2 – Equações, coeficiente de determinação ( $R^2$ , em %), ponto máximo (PM) ( $x_1$ , em h e $y_1$ , em %) e ponto mínimo (Pm) ( $x_2$ , em h e $y_2$ , em %) do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar do percentual de fissuras nas severidades S1, S2 e S3 (%), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	44
Tabela 3.3 – Equações, coeficiente de determinação ( $R^2$ , em %), ponto máximo (PM) ( $x_1$ , em h e $y_1$ ) e ponto mínimo (Pm) ( $x_2$ , em h e $y_2$ ) do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg) e da fonte de variação EA para massa de matéria seca de raiz (MSR, em mg), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020. ....	51
Tabela 4.1 – Equações, coeficiente de determinação ( $R^2$ , em %) e ponto máximo ( $x_1$ , em h e $y_1$ , em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) e ponto mínimo ( $x_2$ , em h e $y_2$ , em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	72
Tabela 4.2 – Equações e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do envelhecimento acelerado (EA, em horas) para classes do teste de tetrazólio (%) (Classe1, Classe 3, Classe 4) em sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	76
Tabela 4.3 – Equações e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA, em h) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) das classes do teste	

de tetrazólio (%) (Classe 1 e Classe 4) em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. .... 79

Tabela 5.1 – Equações e ponto máximo (x (período, em h) e y (temperatura, em °C)) para os caracteres primeira contagem (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm) e comprimento de parte aérea (CPA, em cm), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), da cultivares IRGA 431 CL, safra 2019/2020..... 92

## LISTA DE APÊNDICE

- Apêndice 7.1 - Resumo da análise de variância para as severidades S1, S2 e S3, de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020..... 103
- Apêndice 7.2 - Resumo da análise de variância do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) para as severidades S1, S2 e S3, de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020..... 103
- Apêndice 7.3 - Resumo da análise de variância do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar (C) para as severidades S1, S2 e S3, de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020..... 104
- Apêndice 7.4 - Resumo da análise de variância do desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e envelhecimento acelerado (EA) para as severidades S1, S2 e S3, de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020..... 104
- Apêndice 7.5 - Médias das severidades S1, S2 e S3 (%), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020..... 105
- Apêndice 7.6 - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas: primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm), massa de matéria seca de raiz (MSR, em mg) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020..... 106
- Apêndice 7.7 - Resumo da análise de variância do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C), para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020. .... 107

Apêndice 7.8 - Resumo da análise de variância do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar (C), para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação de plântulas normais (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020.....	108
Apêndice 7.9- Resumo da análise de variância do desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e pré-secagem (PS) para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020. ....	108
Apêndice 7.10 - Médias de primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação de plântulas normais (GP, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em g), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020. ....	109
Apêndice 7.11 - Resumo da análise de variância para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.....	110
Apêndice 7.12 - Resumo da análise de variância do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C), para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	111
Apêndice 7.13 - Resumo da análise de variância do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar (C) para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	111
Apêndice 7.14 - Resumo da análise de variância do desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e pré-secagem (PS) para	

condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	112
Apêndice 7.15- Médias para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.....	112
Apêndice 7.16 - Resumo da análise de variância das 4 classes do teste de tetrazólio (%) (Classe1, Classe 2, Classe 3, Classe 4), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	113
Apêndice 7.17 - Resumo da análise de variância do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) das 4 classes do teste de tetrazólio (%) (Classe1 e Classe 4), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	113
Apêndice 7.18 - Resumo da análise de variância do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) das 4 classes do teste de tetrazólio (%) (Classe1 e Classe 4), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	114
Apêndice 7.19 – Apresentação dos valores médios da Classe 2 e Classe 3 em arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020. ....	114
Apêndice 7.20 - Resumo da análise de variância para os caracteres primeira contagem (PC), germinação (G), comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA), de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), da cultivares IRGA 431 CL, safra 2019/2020. ....	115

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>18</b>
1.1	HIPÓTESES.....	20
1.2	OBJETIVO GERAL .....	20
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>22</b>
2.1	CULTURA DO ARROZ.....	22
2.2	SEMENTES DE ARROZ .....	23
2.3	PRÉ-SECAGEM, ENVELHECIMENTO ACELERADO, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TESTE DE TETRAZÓLIO.....	25
2.4	CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES IRGA 431 CL, IRGA 424 RI E GURI INTÁ CL .....	27
	REFERÊNCIAS .....	29
<b>3</b>	<b>ARTIGO 1 - FISSURAS DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE ARROZ SUBMETIDAS A PRÉ-SECAGEM E ENVELHECIMENTO ACELERADO</b> .....	<b>34</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	36
3.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	38
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
3.4	CONCLUSÕES.....	58
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
<b>4</b>	<b>ARTIGO 2 - TESTES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TETRAZÓLIO PARA ESTRATIFICAR SEMENTES DE ARROZ SUBMETIDAS A PRÉ-SECAGEM E ENVELHECIMENTO ACELERADO</b> .....	<b>62</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	64
4.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	65

4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	70
4.4	CONCLUSÕES.....	83
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	84
<b>5</b>	<b>ARTIGO 3 – AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PERÍODOS E TEMPERATURAS NA PRÉ-SECAGEM DE SEMENTES PARA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DA CULTIVAR IRGA 431 CL.....</b>	<b>87</b>
5.1	INTRODUÇÃO .....	89
5.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	90
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	91
5.4	CONCLUSÕES.....	98
5.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>101</b>
<b>7</b>	<b>APENDICE .....</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O uso de sementes de arroz com elevado padrão de qualidade cresce a cada ano, necessitando um controle mais efetivo na sua produção. A qualidade genética, sanitária, física e fisiológica de sementes é de extrema importância para qualquer cultura onde se busque uniformidade no estande de plantas a campo (MARCOS FILHO, 2015).

A fim de determinar a qualidade das sementes há a necessidade de realizar testes de germinação e vigor. O teste de germinação demonstra a máxima germinação de um lote de sementes em condições favoráveis de crescimento, enquanto o teste de vigor expressa a porcentagem de germinação das sementes sob condições não ideais de cultivo. Para realizar estes testes nas sementes de arroz é necessário superar a dormência, que segundo as Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009), um dos métodos é a pré-secagem das sementes por 96 h com temperatura entre 40 e 50 °C. A secagem e o armazenamento são uns dos principais processos no pré-processamento de sementes, pois mantém a sua conservação até iniciar a semeadura na próxima safra. Por outro lado, quando mal manuseados podem alterar de forma irreversível a qualidade das sementes (MARQUES et al., 2014b).

O aquecimento excessivo durante a secagem pode provocar danos às sementes, como redução na porcentagem e velocidade de germinação, formação de plântulas anormais, fissuras internas, rompimento no tegumento e alteração da coloração (NELLIST; HUGHES, 1973). Para Menezes et al. (2012a), o aumento da temperatura de secagem resulta em maiores porcentagens de fissuras em sementes de arroz, diminuindo a germinação. Menezes; Franklin; Bortolotto (2009) observaram que o tratamento de sementes de arroz com temperatura de 45 ou 50 °C por 96 h provoca fissuras em 100 % das sementes.

As sementes após a maturidade fisiológica entram em processo de envelhecimento ou deterioração. Então, com base no processo de envelhecimento e deterioração da semente desenvolveu-se o teste de envelhecimento acelerado para análise do vigor em sementes (CUSTÓDIO, 2005). Wrasse et al. (2009) constataram que o teste de envelhecimento acelerado é o mais indicado para avaliar o vigor de sementes de arroz. Além disso, combinar o teste de envelhecimento acelerado e o de condutividade elétrica se torna mais promissor (HAMPTON; COOLBEAR, 1990). E, segundo Vieira e Krzyzanowski (1999) o teste de condutividade elétrica apresenta resultados semelhantes

à emergência das plântulas em campo e por meio do teste é possível classificar os lotes de sementes em relação a sua qualidade.

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas a fim de desenvolver e adequar testes de avaliação rápida e que forneçam de forma eficiente informações sobre a qualidade de um lote de sementes. Testes que fornecem resultados em curto período de análise são essenciais para rápida tomada de decisões em lotes de sementes. Dentre os testes de viabilidade de sementes, com a obtenção rápida de resultados, o mais utilizado é o de tetrazólio, um teste bioquímico, baseado na atividade das enzimas desidrogenases que catalisam as reações respiratórias, presentes nas mitocôndrias, localizadas no interior das células vegetais. O uso deste teste depende do ajuste metodológico para cada espécie, envolvendo a definição de condições adequadas para o pré-condicionamento, preparação, coloração e avaliação de sementes (PINTO et al., 2009).

Utilizar a metodologia adequada na análise de sementes, além de fornecer informações sobre sua viabilidade, poderá indicar as decisões a serem tomadas sobre os lotes de sementes. Desta forma, possibilitará estimar o comportamento durante o armazenamento das sementes, o desempenho a campo ou ainda indicar o descarte de lotes de sementes, diminuindo os riscos de produção.

Sementes de arroz apresentam dormência logo após a colheita, sendo que esta dormência pode ser induzida por condições ambientais, como temperaturas baixas nos estádios iniciais da maturação e próximas a 30 °C após a floração, além de inibidores e estruturas que impedem a germinação (MENEZES et al., 2009). Taiz et al. (2017) definem dormência como: mesmo que as sementes estejam em condições ambientais aptas para germinação, há condições morfológicas e/ou fisiológicas que privam as sementes de germinarem.

No arroz a dormência de sementes pode ocorrer em virtude da presença de compostos fenólicos que inibem a germinação e ainda pela limitação de entrada de oxigênio para o embrião, provocada pelo tegumento (MENEZES et al., 2009). A impermeabilidade do pericarpo das sementes é possível devido a sua estrutura e composição química, a qual impede a passagem de água e oxigênio ao embrião, o tegumento consome oxigênio e a presença de compostos fenólicos retêm oxigênio na cobertura (MARCOS FILHO, 2015). A dormência de sementes de arroz dificulta as análises de germinação e vigor voltadas à comercialização (MENEZES et al., 2009), além de impedir a antecipação da semeadura pelos produtores (STINGHEN, 2015). Assim, em

sementes de arroz que possuem dormência logo após a colheita, há necessidade de apresentar metodologias que forneçam de forma rápida resultados de vigor e germinação.

### 1.1 HIPÓTESES

Os tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado diferem entre as cultivares.

A morfologia, o eixo embrionário e a estrutura das sementes de cultivares de arroz são alteradas com os tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado.

Os tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado diferem quanto à qualidade fisiológica de sementes de arroz.

O teste de condutividade elétrica pode ser utilizado para avaliação do vigor, após os tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado.

O teste de tetrazólio pode ser utilizado para avaliação do vigor, após os tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado.

### 1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito dos tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado em sementes de arroz sobre as alterações fisiológicas e morfológicas nas plântulas de arroz.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar o melhor tratamento de pré-secagem e envelhecimento acelerado para as distintas cultivares.

Identificar possíveis alterações na morfologia, no eixo embrionário e na estrutura das sementes de cultivares de arroz após os tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado.

Avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas aos tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado.

Avaliar o vigor das sementes pelo teste de condutividade elétrica e do tetrazólio, depois da realização dos tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado.

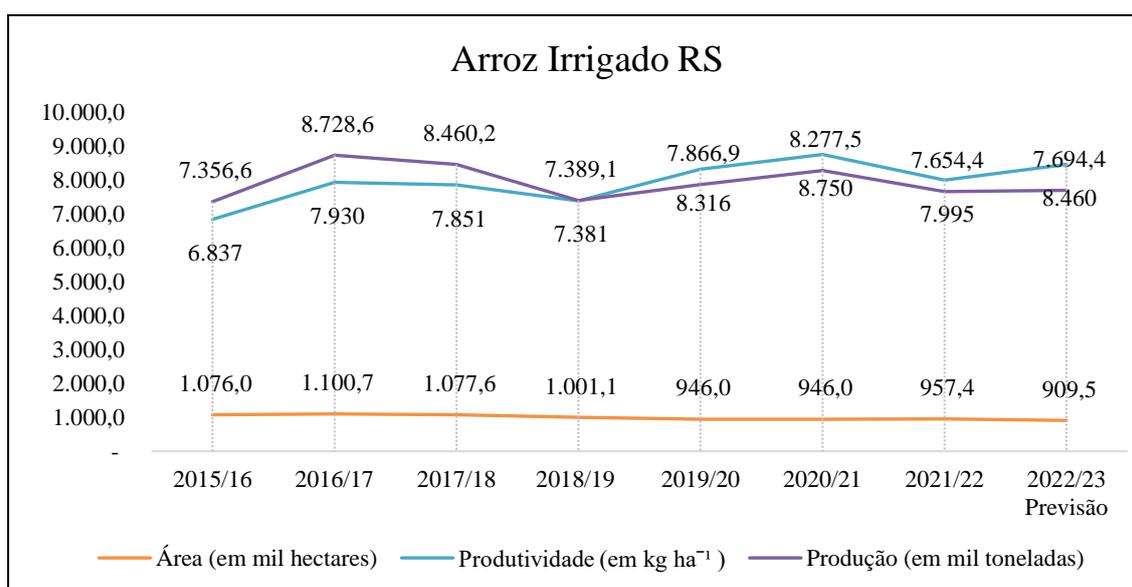
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CULTURA DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) possui destaque pela sua grande produção e área cultivada, em que seu cultivo e consumo ocorrem em diversos países. O Brasil destaca-se em quantidade de produção, estando entre os dez principais países produtores mundiais. A orizicultura está como uma das atividades mais importantes para o agronegócio brasileiro, tornando-o importante tanto para o mercado nacional interno quanto externo (COÊLHO, 2021).

A área destinada ao cultivo de arroz no Brasil, na safra 2021/2022 foi de 1.618,3 mil hectares. Desse total, 80,47 % (1.302,3 mil hectares) corresponde ao cultivo de arroz irrigado e os outros 19,53 % (316 mil hectares) foram relacionados no sistema de produção em sequeiro. No Rio Grande do Sul, estado responsável pela maior produção nacional de arroz irrigado, na safra 2021/2022, a produção média foi de 7.654,4 mil toneladas de grãos e com produtividade média de 7.995 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2022) (Figura 2.1).

Figura 2.1 – Série histórica\* de arroz irrigado no Rio Grande do Sul (RS) para área (em mil ha), produtividade (em kg ha<sup>-1</sup>) e produção (em mil toneladas) no período de safra 2015/2016 até 2022/2023 (dados de previsão).



\* Gráfico feito a partir de dados de CONAB, 2022.

A cultura do arroz é de suma importância para produção brasileira e mundial. Exige alta tecnologia em relação ao cultivo e manejo, a fim de obter sementes de elevada qualidade e rendimento. Deste modo, torna-se importante a busca por qualidade de sementes, pois propiciará no melhor estabelecimento inicial da lavoura, reduzindo prejuízos causados por competição com plantas daninhas, por garantir adequada população de plantas de arroz. Utilizar sementes de alta qualidade influencia significativamente nos componentes de rendimento das culturas, podendo ocasionar acréscimo de até 15% na produtividade quando comparada a sementes de baixa qualidade (TAVARES et al., 2013; SILVA et al., 2016; BAGATELI ET al., 2019).

Quando não se usa de sementes de qualidade, como sementes certificadas, estas trazem prejuízos a lavoura, como perdas de velocidade e uniformidade de emergência de plântulas. Sementes de alta qualidade resultam em plantas fortes, vigorosas, bem desenvolvidas e que se estabelecem a campo com maior velocidade de emergência e de desenvolvimento (FRANÇA NETO et al., 2010).

Como consequência da alta qualidade e da velocidade de emergência, as plantas apresentam alto desempenho agrônômico, com maior comprimento de parte aérea e com sistema radicular mais profundo e robusto (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2018). Além disso, plantas de alto desempenho aproveitam de forma mais eficiente recursos disponíveis para o seu desenvolvimento, como água, luz (fotossíntese), nutrientes e por se desenvolverem mais rapidamente diminuem a competição com plantas daninhas e conseqüentemente diminui a necessidade de aplicação de herbicidas (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2018). Utilizar sementes de qualidade conseqüentemente proporcionará uma lavoura com maior desempenho e potencial produtivo.

## 2.2 SEMENTES DE ARROZ

O arroz é conhecido como uma semente, mas é caracterizado como uma cariopse envolta por duas brácteas, lema e pálea. As sementes de arroz, devido a causas intrínsecas, possuem dificuldade de germinação logo após sua colheita, impedindo sua semeadura. A semente apresenta suspensão temporária da germinação mesmo em condições favoráveis

de temperatura e umidade, sendo assim classificada como semente dormente (TAIZ et al., 2017).

A dormência do arroz é uma resistência à germinação pré e pós-colheita. A dormência é um processo natural, baseado no estado fisiológico e físico. Este ocorre durante a maturação das sementes na planta mãe e é regulado ao longo do desenvolvimento pelos principais fatores ambientais que influenciam o nível de dormência, como temperatura e luz (HE et al., 2014). Há situações em que ocorrem variações de dormência entre plantas e dentro da mesma planta. Este fator é manifestado na progênie de forma individual, regulando a germinação e impedindo seu fluxo de forma simultânea (SIMONS; JOHNSTON, 2006). Assim, fatores do ambiente são considerados o ponto principal na regulação de dormência de sementes da planta mãe e também em sementes contidas no solo através do banco de sementes (GRAEBER et al., 2012). Deste modo, pode ocorrer uma ampla variação de dormência no arroz entre cultivares, lotes e safras agrícolas.

Nas sementes de arroz, a interação entre umidade, temperaturas elevadas após a floração e a presença de inibidores que restringem a absorção de O<sub>2</sub>, pelo complexo casca-pericarpo, é o que determina a sua dormência (MARCOS FILHO, 2015). Caso haja alta umidade na fase final da maturação da semente de arroz, esta poderá interromper a difusão de ar nos tecidos da semente (TAKAHASHI, 1984). A casca da semente de arroz consome oxigênio e dificulta sua penetração na semente, impedindo que seja iniciado o processo germinativo. Assim, a restrição da entrada de oxigênio nas sementes no início da germinação se torna uma das principais causas da dormência das sementes, segundo Roberts (1961).

Nas sementes de arroz há presença de compostos fenólicos localizados no endosperma, embrião e casca, com maior concentração no embrião, fator que também contribui para inibição da germinação (MARCOS FILHO, 2015), além da presença de agentes oxidantes que através da oxidação atuam no decréscimo da concentração de O<sub>2</sub>. Assim, compostos fenólicos associados a alta atividade respiratória limitam a disponibilidade de oxigênio ao embrião.

A dormência das sementes está ligada ainda a sua atividade enzimática. A atividade de peroxidase, presente na casca e pericarpo, age como catalisador nas reações de oxidação, auxiliando os compostos fenólicos que competem por O<sub>2</sub> retardando ou inibindo o processo de germinação. Além da peroxidase, as enzimas  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase envolvidas no sistema de degradação do amido no endosperma influenciam na

germinação das sementes, pois, a síntese destas enzimas na camada de aleurona depende da ação do ácido giberélico, sugerindo associação entre a atividade enzimática e a giberelina (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A dormência de sementes de arroz indiretamente pode estar associada ao desequilíbrio entre hormônios reguladores de crescimento, fazendo com que direta ou indiretamente esses hormônios atuem no metabolismo de carboidratos, proteínas e demais reservas das sementes. E, segundo Cardoso (2004), o ácido abscísico presente na casca e pericarpo das sementes de arroz é o principal agente envolvido na dormência durante a maturação das sementes. O ácido abscísico atua tanto na síntese de proteínas inibidoras da germinação como na síntese de enzimas envolvidas na mobilização de reservas da semente. E, as giberelinas, como a GA<sub>3</sub>, atuam no enfraquecimento dos tegumentos e/ou hidrólise de reservas, relacionados à protrusão da raiz primária.

### 2.3 PRÉ-SECAGEM, ENVELHECIMENTO ACELERADO, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TESTE DE TETRAZÓLIO

A dormência de arroz pode ser considerada um problema para análise laboratorial de sua qualidade, que é fundamental para tomada de decisões adequadas em relação a um lote de sementes, quando realizada logo após a colheita. Tratamentos como pré-secagem de sementes de arroz baseados em calor, promovem a oxidação dos compostos presentes na casca os quais competem por oxigênio com o embrião facilitando a germinação (SESHU; DADLANI, 1991). E ainda, ocorre redução da peroxidase que catalisa as reações dos compostos inibidores de oxigênio (VIEIRA et al., 1994).

A pré-secagem tem sido amplamente empregada nas análises de sementes para a superação de dormência de sementes de arroz, devido a semente possuir dormência nos meses iniciais após a colheita. Esse método expõe as sementes à alta temperatura por um longo período. As RAS (BRASIL, 2009) indicam pré-secagem a 40 a 50 °C, por 96 horas, em estufa com circulação de ar para superação de dormência de arroz. A pré-secagem com temperaturas elevadas para superação de dormência tem sido recomendada por vários autores para cultura do arroz, como por exemplo, 49 °C por 96 horas (AMARAL; GONÇALO, 1977), 40 °C por 168 horas, 40 °C por 120 horas (FRANCO et al., 1997) e 42 °C por cinco dias (MENEZES, 1997).

Testes para avaliar o potencial fisiológico (germinação e vigor) em lotes de sementes vêm sendo aprimorados para que expressem seu potencial desempenho sob condições de campo. Dentre os testes de vigor em sementes de arroz, os testes baseados no estresse das sementes como o teste de envelhecimento acelerado (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999) vem sendo utilizado, por ser rápido, econômico, simples e útil para todas as espécies (COPELAND; McDONALD, 2001).

O teste de envelhecimento acelerado consiste em avaliar a resposta das sementes, em condições de alta temperatura e umidade relativa do ar (cerca de 100 %) por períodos curtos (3 a 4 dias), seguido por um teste de germinação (COPELAND; McDONALD, 2001). As diferenças de umidade inicial das sementes devem ser consideradas na interpretação deste teste (COPELAND; McDONALD, 2001). Assim, sementes mais úmidas sofrerão maiores efeitos causados pelo estresse, devido à alta atividade metabólica. A temperatura e o período de permanência das sementes no teste de envelhecimento acelerado variam conforme a espécie. Para o arroz, têm sido indicadas as combinações de 42 °C por 96 e 120 h (MENEZES; SILVEIRA, 1995), 42 °C por 72 h (ALBUQUERQUE et al., 1995; BALDIGA et al., 2007, SOUZA et al., 2022), 41 °C por 24, 48, 72, 96 e 120 h (TUNES et al., 2012) e em períodos de 48, 72 e 96 h com temperatura de 41 °C (VERGARA et al., 2019). Portanto, não há apenas uma metodologia de tempo de envelhecimento acelerado indicado para cultura.

Sementes com longo período de armazenagem, ou ainda com membrana danificada, apresentam redução de seu vigor. A integridade das membranas celulares é um parâmetro para avaliação de vigor das sementes (HAMPTON; TEKRONY, 1995). Assim, para avaliar o vigor das sementes, o teste de condutividade elétrica pode ser utilizado, o qual baseia-se na quantidade de íons presentes na água de embebição. Quanto menor a integridade física da membrana da semente, maior será a lixiviação dos solutos citoplasmáticos liberados durante a embebição e maior será a condutividade elétrica (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987).

Como a deterioração das sementes inicia pela degradação do sistema de membranas, o uso de métodos que avaliam a degradação são os mais indicados para diferenciar lotes com pequenas diferenças de vigor, pois estes detectam as diferenças na fase inicial de deterioração (MARQUES et al., 2014a). Avaliar sementes através do teste de condutividade elétrica, possui tempo de condução inferior quando comparado a outros testes, fornecendo boa estimativa da qualidade fisiológica da semente. Diversos autores determinaram o vigor de sementes de várias espécies através da condutividade (DIAS;

MARCOS FILHO, 1995, SOUZA, 2007; SOUZA, 2016). Em estudos realizados com sementes de soja, Prado et al. (2015), observaram que o teste de condutividade elétrica permitiu estimar o desempenho de lotes de sementes no teste de emergência. Santos (2014) verificou correlação significativa entre os resultados dos testes de condutividade elétrica e os de germinação. E os testes de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica são bons indicadores para selecionar cultivares de soja em relação à qualidade (AYALA-AGUILERA; MENEZES, 2000; BARRETO, 2014)

Outro método para avaliação do vigor de sementes é através do teste de tetrazólio. Além do vigor, através desse teste também é possível avaliar a viabilidade das sementes. Durante a avaliação do teste há a utilização de critérios mais específicos, de acordo com o grau de deterioração das sementes. Dessa forma, o teste de tetrazólio pode ser usado para fornecer uma avaliação rápida do vigor das sementes (CARVALHO et al., 2013).

Para a cultura do arroz a metodologia do teste está definida nas Regras e Manuais para Análise de Sementes (ISTA, 2007; BRASIL, 2009; AOSA, 2010) que recomendam pré-condicionamento de 18 h a 20 ou 25 °C, com posterior corte longitudinal e imersão das sementes em solução de tetrazólio com concentração de 0,1 a 1,0 % durante 2 a 4 h a 30 a 35 °C, obtendo-se resultados em até 21 h. Um fator importante a ser considerado, é a utilização de menor concentração do sal de tetrazólio (0,1 %), fator que contribui para diminuição do custo da análise, e em algumas espécies esta diminuição da concentração do sal de tetrazólio possibilita melhora na visualização da coloração dos tecidos e dos diferentes tipos de danos (FRANÇA NETO et al., 1998). Então, como há variação entre temperatura de pré-condicionamento das sementes, concentração de solução de tetrazólio, tempo e temperatura no processo de imersão das sementes, há a necessidade de testes com a cultura do arroz, a fim de determinar o melhor método de condicionamento das sementes para avaliar o vigor.

#### 2.4 CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES IRGA 431 CL, IRGA 424 RI E GURI INTÁ CL

As informações a seguir (Tabela 2.1) foram retiradas de BASF (2020). Em que de modo geral as plantas possuem porte baixo, com alta resistência ao acamamento e classificadas por terem grãos longos e finos. Porém, há algumas particularidades em relação a ciclo, vigor inicial, dentre outros. A cultivar IRGA 431 CL apresenta ciclo

precoce, capacidade de perfilhamento e resistência a degrane intermediária e alto vigor inicial. A cultivar IRGA 424 RI apresenta ciclo médio, capacidade de perfilhamento alto, resistência a degrane intermediária e baixo vigor inicial. A cultivar Guri INTÁ CL apresenta ciclo médio, capacidade de perfilhamento e vigor inicial alto, e resistência a degrane moderado. Segundo resultados de Toledo (2019) as porcentagens de casca de arroz nas cultivares IRGA 424 e para IRGA 431 CL são de  $21,30 \pm 0,30$  % e  $22,50 \pm 0,43$  %, respectivamente.

Tabela 2.1- Tabela com caracterização das cultivares (IRGA 431 CL, IRGA 424 RI E Guri INTÁ CL) utilizadas na tese.

Características morfológicas das plantas							
	Porte	Folhas	Grãos	Casca	Panículas		
IRGA 431 CL	baixo	eretas e pilosas	longos e finos	pilosa e de coloração palha	-		
IRGA 424 RI	baixo	curtas, eretas e pilosas	longos e finos	coloração amarelo-palha	parcialmente protegidas pela folha bandeira		
GURI INTÁ CL	baixo	verdes escuras, eretas, curtas e pilosas; permanecem verdes mesmo durante a maturação	longos e finos	Casca com coloração amarelo-palha	protegidas pela folha bandeira		
Características fisiológicas e agronômicas das plantas							
	Estatura de planta	Resistência ao acamamento	Capacidade de perfilhamento	Ciclo	Resistência a degrane	Reação à toxidez por ferro	Vigor inicial
IRGA 431 CL	96 cm	alta	intermediária	precoce, 120 dias	intermediária	resistente	alto
IRGA 424 RI	90 cm	alta	alta	médio, 140 dias	intermediária	alta	baixo
GURI INTÁ CL	84 cm	alta	alta	médio: 125 a 130 dias	moderada	medianamente tolerante	alto
Dimensões do grão com casca							
	Comprimento		Largura		Espessura		
IRGA 431 CL	9,57 mm		2,16 mm		1,81 mm		
IRGA 424 RI	9,6 mm		2,3 mm		1,94 mm		
GURI INTÁ CL	9,7 mm		2,42 mm		1,97 mm		

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M.C.F.; CAMPOS, V.C.; MENDONÇA, E.A.F.; CALDEIRA, S.A. F.; BRUNCA, R.H.C.G. Testes de envelhecimento acelerado em sementes de arroz: influência da temperatura e do período de exposição. **Revista Agricultura Tropical**, v. 1, p. 9-16, 1995.
- AMARAL, A.S.; GONÇALO, J.F.P. Dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre. v. 30, n. 301, p. 35-7, 1977.
- AOSA - Association of Official Analysts. Tetrazolium Testing Handbook. **Assoc. Offic. Seed Analyst**, Ithaca, 2003.
- AYALA-AGUILERA, L.; MENEZES, N.L. Seed quality characterization of soybean cultivars. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 6, n. 3, p. 222-225, 2000.
- BAGATELI, R.; DORR, C.S.; SCHUCH, L.O.B.; MEGEGHELLO, G.E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 41, n. 2, p. 151-159, 2019.
- BALDIGA, R.F. et al. Utilização de testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de arroz (*Oryza sativa* L). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16, 2007, Pelotas. **Anais eletrônicos...** Pelotas: UFPEL, 2007.
- BARRETO, M.L.A. **Causa de dano na correlação entre condutividade elétrica e qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2014. xiv, 71 f., il. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- BASF. **Guia de cultivares de arroz**. 45 p., 2022 Disponível em: <[https://www.maisqualidadeporsemente.com.br/guias/brasil/arroz/AF3\\_Caderno\\_de\\_cultivares\\_Arroz\\_2020.pdf](https://www.maisqualidadeporsemente.com.br/guias/brasil/arroz/AF3_Caderno_de_cultivares_Arroz_2020.pdf)>. Acesso em: 06 de dezembro de 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009, 399p.
- CARDOSO, V.J.M. **Dormência: estabelecimento do processo**. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed Editora, 2004, 323p.
- CARVALHO, I.L.; ALVES, C.X.; MENEZES, N.L. Teste de tetrazólio em sementes. In: SCHUCH, L.O.B.; VIEIRA, J.F.; RUFINO, C.A; ABREU JUNIOR, J.S. Sementes: produção, qualidade e inovações tecnológicas. Pelotas, 2013, p. 171-200.
- COÊLHO, J.D. **Arroz: produção e mercado**. Fortaleza; Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n. 156, mar. 2021. (Caderno Setorial ETENE, n. 156).

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Série Histórica das safras\_Arroz**. Brasília. Novembro, 2022. Acesso em: 24 de nov. de 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/900-arroz>>

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**, Kluwer Massachusetts: Academic Publishers, 4. ed., p. 165-192, 2001.

CUSTÓDIO, C.C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2005.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 26-36, 1995.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. O vigor e o desempenho das sementes, In: ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudas. **Anuário**, Brasília, p. 26-30, 2018.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPS, 1998, 72 p.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n. 1-2, p. 37-38, 2010.

FRANCO, F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.; LIVIRA, A.; TAVARES, W. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 50, n. 430, p. 11-15, 1997.

GRAEBER, K.; NAKABAYASHI, K.; MIATTON, E.; LEUBNER-METZGER, G.; SOPPE, W.J.J. Molecular mechanisms of seed dormancy. **Plant, Cell and Environment**, v. 35, p. 1769-1786, 2012.

HAMPTON, J.G.; COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance, can vigour testing provide an answer. **Seed Science & Technology**, Zürich, v. 18, p. 215-228, 1990.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1995.

HE, H.; VIDIGAL, D.S.; SNOEK, L.B.; SCHNABEL, S.; NIJVEEN, H.; HILHORST, H.; BENTSINK, L. Interaction between parental environment and genotype affects plant and seed performance in *Arabidopsis*. **Journal of experimental botany**, v. 65, p. 6603-6615, 2014.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. **International Rules for Seed Testing**. In: Chapter 6: Biochemical Test for Viability, The Topographical Tetrazolium Test. Basesrdorf: ISTA, 2007.46p.

- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates; 2015, 660 p.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987.
- MARQUES, E.R.; ARAÚJO, R.F.; ARAÚJO, E.F.; MARTINS FILHO, S.; SOARES, P.C.; MENDONÇA, E.M. Dormancy and enzymatic activity of rice cultivars seeds stored in different environments. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 4, p. 435-442, 2014a.
- MARQUES, E.R.; ARAÚJO, E.F.; ARAÚJO, R.F.; MARTINS FILHO, S.; SOARES, P. C. Seed quality of rice cultivars stored in different environments. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 1, p. 32-39, 2014b.
- MENEZES, N.L.; FRANZIN, S.M.; BORTOLOTTI, R.P. Dormência em sementes de arroz: causas e métodos de superação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 7, n. 1, p. 35-44, 2009.
- MENEZES, N.L.; MAZARO, S.M.; BRACKMANN, A. Efeito da exposição a diferentes concentrações de oxigênio para superar a dormência em sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 375-379, 1997.
- MENEZES, N.L.; SILVEIRA, T.L.D. Métodos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 2, p. 350-359, 1995.
- MENEZES, N.L.; CÍCERO, S.M.; VILLELA, F.A.; BORTOLOTTI, R.P. Using X-Rays to evaluate fissures in rice seeds dried artificially. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 70-77, 2012.
- NELLIST, M.E.; HUGHES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 1, p. 643-643, 1973.
- PRADO, J.P.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; OSIPI, E.A. F.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, F.A.; LORINI, I. Relações entre condutividade elétrica e desempenho fisiológico de sementes de soja. 2015, In: Congresso Brasileiro de Soja, 7.; MERCOSOJA, 2015, Florianópolis. Tecnologia e mercado global: perspectivas para soja, **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2015.
- PINTO, T.L.F.; MARCOS-FILHO, J.; FORTI, V.A.; CARVALHO, C.; GOMES-JUNIOR, F.G. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos testes de tetrazólio e de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 195-201, 2009.
- ROBERTS, E.H. Dormancy in rice seed. III. The influence o temperature, moisture and gaseous environment. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 13, p. 75-94, 1961.
- SANTOS, A.B.; SANTIAGO, C.M. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**, Embrapa Arroz e Feijão, 2014.

SESHU, D.V.; DADLANI, M. Mechanism of seed dormancy in rice. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, p.187-194, 1991.

SILVA, T.A.; SILVA, P.B.; SILVA, E.A.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 227-232, 2016.

SIMONS, A.M.; JOHNSTON, M.O. Environmental and genetic sources of diversification in the timing of seed germination: implications for the evolution of bet hedging. **Evolution**, v. 60, p. 2280-2292, 2006.

SOUZA, L.A. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona**. 2007. 53 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, B.E.D.S. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (Coffea arabica L.) pelo teste de condutividade elétrica**. 2016. Monografia (Graduação em Agronomia), Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SOUZA, I.P.; SCHMIDT, A. K.; RUFFATO, S.; PRADO, P.M.C. Physiological and sanitary quality of Moti gome rice seeds under different drying and storage conditions. **Conjecturas**, v. 22, n. 9, p. 185-200, 2022.

STINGHEN, J.C. **Caracterização de cultivares de arroz irrigado quanto à dormência e tolerância ao frio na germinação**. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858 p.

TAKAHASHI, N. Seed germination and seedling growth. In: TSUNODA, S.; TAKAHASHI, N. eds. **Biology of rice**. Amsterdam, Japan Sci. Soc. Press, Elsevier/Tokio, 1984, p.71-80.

TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; BRUNES, A.P.; TUNES, L.M.; BARROS, A.C.S.; PESKE, S.T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 43, n. 8, p. 1357-1363, 2013.

TOLEDO, R.M.O.A. **Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de arroz irrigado produzidos na fronteira oeste do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado em Agronomia. Universidade Federal do Pampa; 2019, 30p.

TUNES, L.M; TAVARES, L.C.; BARROS, A.C.S.A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, p. 120-127, 2012.

VERGARA, R.; NADAL, A. P.; NETO, A. G.; ZANONI, S. S.; GADOTTI, G. I. Vigor de lotes de sementes de arroz: comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 38-44, 2019.

VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M. G.G.C., CARVALHO, V.D.; FRAGA, A.C. Efeitos de tratamentos pré-germinativos na superação da dormência de sementes de arroz e na atividade enzimática da peroxidase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 535-542, 1994.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, ABRATES, 1999, 218p.

WRASSE, C.F.; MENEZES, N.L.; MARCHESAN, E.; VILLELA, F.A.; BORTOLOTTI, R.P. Testes de vigor para sementes de arroz e sua relação com o comportamento de hidratação de sementes e a emergência de plântulas. **Revista Científica**, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 107-114, 2009.

### 3 ARTIGO 1 - FISSURAS DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE ARROZ SUBMETIDAS A PRÉ-SECAGEM E ENVELHECIMENTO ACELERADO

#### RESUMO

A utilização de uma metodologia adequada na análise de sementes, além de fornecer informações sobre sua viabilidade, poderá indicar as decisões a serem tomadas sobre os lotes de sementes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a severidade das fissuras em sementes de arroz de três cultivares após os tratamentos com pré-secagem e envelhecimento acelerado e indicar o melhor tratamento sobre as alterações fisiológicas de plântulas de arroz e seu desenvolvimento inicial. Foi conduzido um experimento no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes, da Universidade Federal de Santa Maria. Foram utilizadas as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL com três lotes por cultivar, da safra 2019/2020. As sementes foram submetidas à pré-secagem e envelhecimento acelerado. O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado em esquema trifatorial ( $2 \times 5 \times 3$ ), com quatro repetições. O primeiro fator foi representado pela pré-secagem (com pré-secagem e sem pré-secagem), o segundo fator de análise utilizado foi representado pelo envelhecimento acelerado em estufa de circulação de ar forçado a 42 °C (0, 24, 48, 72 e 96 h) e para o último fator, foi utilizado a média de 3 lotes de cada cultivar. No experimento foi avaliada a severidade de sementes fissuradas, também a qualidade física e fisiológica das sementes por meio dos testes: peso de mil sementes, grau de umidade, primeira contagem, germinação, comprimento de parte aérea e de radícula, massa seca de parte aérea. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste de médias Scott-Knott e análise de regressão. A superação de dormência com pré-secagem a 45 °C em estufa de circulação de ar forçado e envelhecimento acelerado por 72 ou 96 h a 42 °C são o tratamento mais eficiente para demonstrar os resultados de primeira contagem de plântulas normais e germinação, sendo os tratamentos com menor alterações fisiológicas de plântulas de arroz e com melhor desenvolvimento inicial.

**Palavras-chaves:** *Oryza sativa* L.. Alterações fisiológicas. Plântulas. Trincas.

**RICE SEED AND INITIAL DEVELOPMENT OF SEEDLINGS CRAFT  
SUBMITTED TO PRE-DRYING AND ACCELERATED AGING**

**ABSTRACT**

The use of an adequate methodology in the analysis of seeds, in addition to providing information about their viability, may indicate the decisions to be taken about seed lots. The objective of this work was to evaluate the severity of cracks in rice seeds of three cultivars after treatments with pre-drying and accelerated aging and to indicate the best treatment on the physiological alterations of rice seedlings and their initial development. An experiment was carried in the Didactic and Research Laboratory in Seeds, at the Federal University of Santa Maria. The cultivars IRGA 431 CL, IRGA 424 RI and Guri INTÁ CL were used with three lots per cultivar, from the 2019/2020 season. The seeds were submitted to pre-drying and accelerated aging. The experiment was arranged in a completely randomized design in a three-factor scheme ( $2 \times 5 \times 3$ ), with four replications. The first factor was represented by pre-drying (with pre-drying and without pre-drying), the second analysis factor used was represented by accelerated aging in an oven with forced air circulation at 42 °C (0, 24, 48, 72 and 96 hours) and for the last factor, the average of 3 lots of each cultivar was used. In the experiment, the severity of cracked seeds was evaluated, as well as the physical and physiological quality of the seeds through the tests: weight of a thousand seeds, moisture content, first count, germination, shoot and radicle length, shoot dry mass. The data obtained were subjected to analysis of variance and compared using the Scott-Knott mean test and regression analysis. Overcoming dormancy with pre-drying at 45 °C in an oven with forced air circulation and accelerated aging for 72 or 96 h at 42 °C is the most efficient treatment to demonstrate the results of the first count of normal seedlings and germination, the results being treatments with less physiological changes in rice seedlings and with better initial development.

**Keywords:** *Oryza sativa* L.. Physiological changes. Seedlings. Cracks.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O arroz é uma cariopse envolta por duas brácteas, lema e pálea, a qual, devido a causas intrínsecas possui dificuldade na germinação logo após sua colheita, alterando seu potencial de germinação e impedindo sua semeadura. A semente apresenta então, suspensão temporária da germinação mesmo em condições ambientais favoráveis, como temperatura e umidade, sendo assim classificada como semente dormente (TAIZ et al., 2017).

A dormência do arroz é uma resistência à germinação pré e pós-colheita, estando assim relacionada aos níveis de maturação das sementes e as condições ambientais estabelecidas entre a fase de maturação e colheita e as bases genéticas das sementes (MENEZES et al., 2009). Deste modo, pode ocorrer ampla variação entre cultivares, lotes e safra agrícola.

A dormência de arroz pode ser considerada um problema para análise laboratorial de sua qualidade, que é fundamental para tomada de decisões adequadas em relação a um lote de sementes, quando realizada logo após a colheita. Tratamentos como pré-secagem de sementes de arroz baseados em calor promovem a oxidação dos compostos presentes na casca os quais competem por oxigênio com o embrião facilitando a germinação (MENEZES et al., 2009; MARCOS FILHO, 2015). Porém, as Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009) apresentam uma metodologia para superar a dormência de sementes de arroz em que um dos métodos é a pré-secagem das sementes por 96 h com temperatura entre 40 e 50 °C. Assim, não há distinção do método das RAS para as diferentes cultivares, fator este que pode apresentar resultados variáveis entre cultivares frente a metodologia padrão.

Toda qualidade das sementes pode ser perdida caso não haja o devido monitoramento. Assim, um cuidado essencial após colheita na maturação fisiológica das sementes é o processo de secagem e após deve se ter cuidados com a superação de dormência para uma posterior semeadura. O aquecimento excessivo durante estes processos pode provocar danos às sementes, ocasionando em redução na porcentagem e velocidade de germinação, bem como produção de plântulas anormais, fissuras internas, rompimento do tegumento e alteração na coloração da semente (NELLIST; HUGHES, 1973).

As fissuras ocorrem quando os grânulos de amido da semente expandem-se, exercendo uma compressão; ou quando os grânulos de amido da região interna contraem-

se ocasionando uma tensão sobre a porção interna. Este fato ocorre devido ao gradiente de pressão decrescente na semente que muitas vezes está ligado a amplitude térmica causada pela rápida elevação da temperatura nas sementes de arroz, fato este ocasionado tanto pela secagem, quanto pela superação de dormência através de aquecimento (KUNZE, 1979). A susceptibilidade ao desenvolvimento de fissuras está associada ao genótipo, às condições de superação de dormência e envelhecimento das sementes.

O efeito da temperatura sobre as sementes de arroz é indireto quando relacionado às fissuras, pois além da temperatura, a umidade da semente também influencia na ocorrência de fissuras na semente. Assim, deve-se ter cuidado no momento da colheita de sementes de arroz, colhendo sementes que estejam com teor de água inicial de 22 % (MARIOT, 1983), para não haver um gradiente de umidade muito elevado durante a secagem evitando danos à semente.

Testes para avaliar o potencial fisiológico (germinação e vigor) em lotes de sementes vêm sendo aprimorados para que expressem seu potencial desempenho sob condições de campo. Dentre os testes de vigor utilizados em sementes de arroz, os testes baseados no estresse das sementes como o teste de envelhecimento acelerado (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999) vem sendo utilizado, por ser rápido, econômico, simples e útil para todas as espécies (COPELAND; McDONALD, 2001).

Utilizar a metodologia adequada na análise de sementes, além de fornecer informações sobre a viabilidade, poderá indicar as decisões a serem tomadas sobre os lotes de sementes. Dessa forma, possibilita estimar o comportamento durante o armazenamento, o desempenho a campo ou ainda indicar o descarte de lotes de sementes, diminuindo os riscos de perdas de produção.

O emprego de distintos tratamentos auxiliará no entendimento do comportamento e compreensão de fatores ligados à dormência e ao vigor, podendo assim indicar técnicas mais adequadas para análise laboratorial de rotina de sementes de cultivares de arroz. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a severidade das fissuras em sementes de arroz de três cultivares após os tratamentos com pré-secagem e envelhecimento acelerado e indicar o melhor tratamento sobre as alterações fisiológicas de plântulas de arroz e seu desenvolvimento inicial.

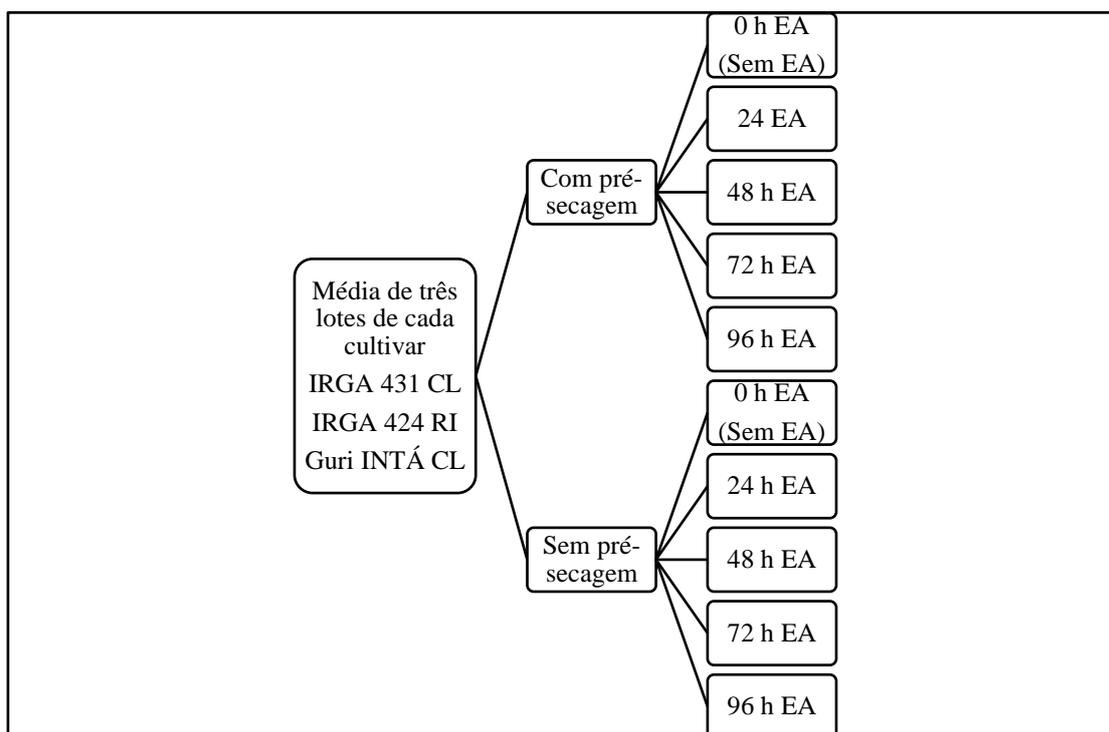
### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com a cultura de arroz (*Oryza sativa* L.) no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria. Três cultivares de arroz (IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL) da safra 2019/2020 foram utilizadas no experimento. Para cada cultivar utilizou-se três lotes de sementes recém-colhidas e beneficiadas.

Previamente foram realizadas análises para a caracterização dos lotes de sementes, determinando a qualidade física. O peso de mil sementes foi determinado através de oito repetições de 100 sementes, pesadas em balança de precisão (0,001 g) de acordo com metodologia descrita nas RAS, em Brasil (2009), com resultado expresso em gramas. A determinação do grau de umidade foi realizada pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas com circulação de ar forçada, utilizando-se duas repetições para cada lote, contendo  $4,5 \pm 0,5$  g de sementes em cada repetição, conforme descrito nas RAS (BRASIL, 2009).

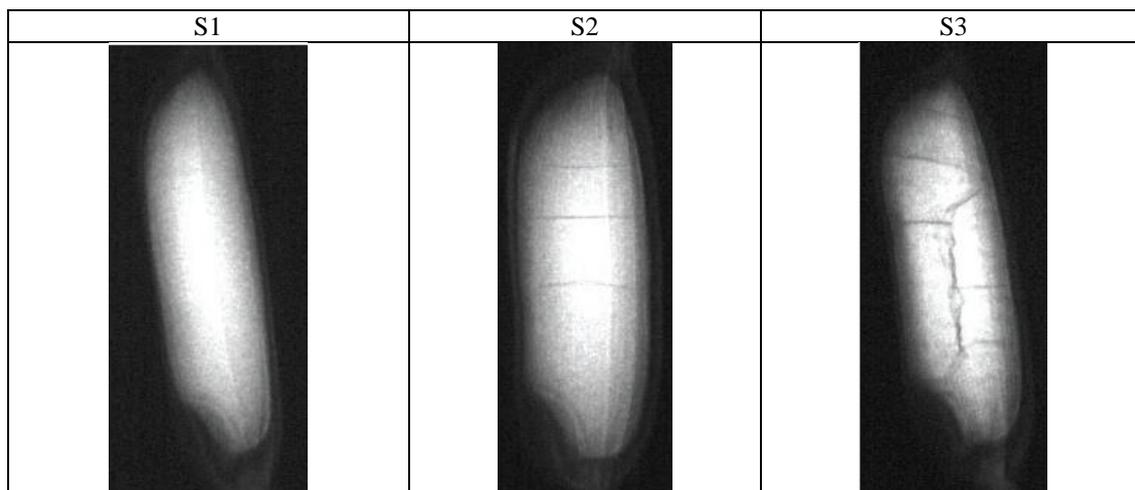
O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado em esquema trifatorial ( $2 \times 5 \times 3$ ), com quatro repetições (Figura 3.1). O primeiro fator foi representado pela pré-secagem (com pré-secagem e sem pré-secagem), as sementes submetidas a pré-secagem foram colocadas a 45 °C em estufa de circulação forçada de ar, por 96 horas (BRASIL, 2009). O segundo fator de análise utilizado foi representado pelo envelhecimento acelerado em estufa de circulação de ar forçado a 42 °C (0, 24, 48, 72 e 96 h), sendo 0 h o tratamento sem utilizar o envelhecimento acelerado. Para este fator, 400 sementes com pré-secagem e sem pré-secagem, foram submetidas ao envelhecimento acelerado, realizado pela adição de 40 mL de água destilada em caixas plásticas do tipo gerbox, de 11 cm  $\times$  11 cm  $\times$  3 cm, com bandeja telada de alumínio. As sementes foram distribuídas formando uma camada uniforme sobre a tela de alumínio, então as caixas foram fechadas e mantidas em estufa na temperatura de 42 °C durante 24, 48, 72, 96 h. E para o último fator, foi utilizado a média de 3 lotes de cada cultivar (IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL).

Figura 3.1 – Descrição do esquema trifatorial, pré-secagem × envelhecimento acelerado (EA) × cultivar (2 × 5 × 3) no experimento com arroz (*Oryza sativa* L)



Após cada tratamento foi avaliado o percentual de sementes fissuradas, onde foram separadas 100 sementes por lote, subdivididas em quatro repetições de 25 sementes, e submetidas ao descasque manual. As fissuras das sementes foram avaliadas em uma lupa com aumento de 4,5 vezes, sendo o resultado expresso em porcentagem, pela média das quatro repetições (MATTIONI et al., 2011, MENEZES et al., 2012b). As fissuras foram classificadas em: S1) sementes sem fissura, S2) sementes com fissura não severas (com até três fissuras na semente) e S3) sementes com fissuras severas (com mais de três fissuras na semente), conforme metodologia de Menezes et al. (2012a) (Figura 3.2).

Figura 3.2 - Classificação da severidade sementes S1 (sementes sem fissura), S2 (sementes com fissura não severas) e S3 (sementes com fissuras severas) em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.)



Adaptado de Menezes et al (2012a).

Para cada tratamento foi realizado o teste de germinação, primeira contagem, comprimento e massa de matéria seca das plântulas. O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 100 sementes por lote, semeadas em papel *Germitest*, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Após, os rolos foram levados a câmara de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) à temperatura de 25 °C e realizada a contagem da germinação no 5° e 14° dias após a semeadura, seguindo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Para a primeira contagem do teste de germinação foram consideradas as plântulas normais após cinco dias da instalação do teste (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Para o teste de comprimento de plântula e de raiz foram avaliados o comprimento médio de 10 plântulas normais, retiradas aleatoriamente, de cada teste de germinação no 5° dia após a semeadura. A avaliação dos comprimentos foi realizada com auxílio de uma régua milimetrada. Para a determinação da massa de matéria seca as plântulas foram inseridas em sacos de papel mantidos em estufa a  $60 \pm 5$  °C até a obtenção de massa constante e, após as repetições foram mensuradas em balança de precisão 0,001 g conforme Nakagawa (1999). Foi realizada a análise de variância e as médias dos níveis dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Scott Knott ( $P \leq 0,05$ ) e para os fatores quantitativos foi realizada análise de regressão ( $P \leq 0,05$ ), utilizando o software Sisvar e o programa Microsoft Excel®.

Após realizar a análise de variância para as severidades (Apêndice 7.1) optou-se por seguir a análise através das fontes de variação pré-secagem (PS) × envelhecimento acelerado (EA) × cultivar (C), por apresentar significância de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F em todas as severidades. Em seguida, foi realizado as análises de variância para o desdobramento de pré-secagem dentro de cada nível de envelhecimento acelerado e cultivar (PS (EA × C)) (Apêndice 7.2), para o desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar (EA (PS × C)) (Apêndice 7.3) e para o desdobramento de cultivar dentro de cada nível de pré-secagem e envelhecimento acelerado (C (PS × EA)) (Apêndice 7.4). Em sequência, ao avaliar a significância de cada caractere a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F nos desdobramentos, foi realizado o teste de média Scott Knott para PS (EA × C) e para C (PS × EA), apresentados na Figura 3.3 e Apêndice 7.5 e, para o desdobramento PS (EA × C) foi realizado análise de regressão, apresentado na Tabela 3.2 e Figura 3.4.

Para o percentual de fissuras nas severidades S1, S2 e S3 (%), os desdobramentos de PS (EA × C) e C (PS × EA) as médias com letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F (Figura 3.3). Para o percentual de fissuras nas severidades S1, S2 e S3 (%), os desdobramentos EA (PS × C) que não foram significativos a 5 % de probabilidade do erro pelo teste F, foi apresentada a equação do valor médio de cada fonte de variação (Apêndice 7.1). Já, para os desdobramentos que foram significativos a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F, realizou-se a análise de regressão obtendo a equação e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). A partir destas equações podemos então apresentar os gráficos (Figura 3.4) de cada caractere e fonte de variação analisados.

Ao analisar a análise de variância para os caracteres primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm), massa de matéria seca de raiz (MSR, em mg) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg) (Apêndice 7.6) optou-se por seguir a análise através das fontes de variação pré-secagem × envelhecimento acelerado × cultivar, nos caracteres PC, G, CR, CPA e MSPA por apresentar significância de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. Após, foi realizado as análises de variância para os desdobramentos de PS (EA × C) (Apêndice 7.7), de EA (PS × C) (Apêndice 7.8) e de C (PS × EA) (Apêndice 7.9). Em sequência ao avaliar a significância de cada caractere a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F nos desdobramentos, foi realizado o teste de média Scott Knott para PS (EA × C) e para C (PS × EA), apresentados na Figura 3.5 e Apêndice

7.10, para o desdobramento PS (EA  $\times$  C) foi realizado análise de regressão, (Tabela 3.3 e Figura 3.6) os desdobramentos que não foram significativos a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F, foi apresentada a equação do valor médio de cada fonte de variação. Para o caractere MSR foi seguido com as análises de cada fonte de variação em separado pois apenas PS (teste de média Scott Knott) (Figura 3.5), EA (análise de regressão) (Tabela 3.3 e Figura 3.6) e C (teste de média Scott Knott) (Figura 3.5) foram significativos a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

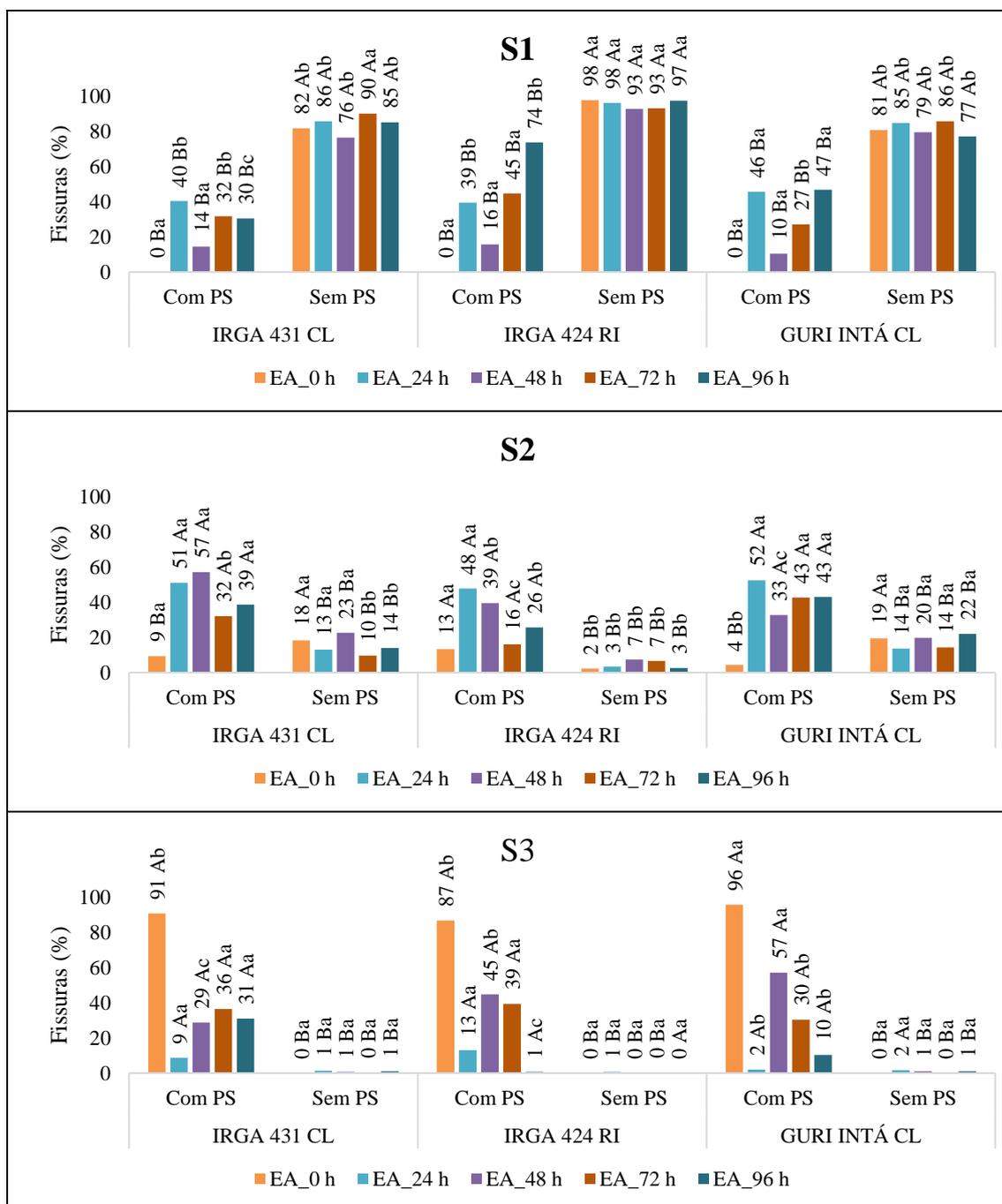
O teor de água dos lotes de sementes variou de 12,2 a 12,5 % no momento da instalação dos testes (Tabela 3.1). Deste modo há confiabilidade em realizar os demais testes, pois Marcos Filho (2015) menciona que o limite de diferença entre os lotes deve ser de no máximo 2 %, fator importante para determinação e confiabilidade dos demais testes. O peso de mil sementes permaneceu entre 24,08 g e 25,75 g, observando-se uniformidade entre os pesos quando comparados os lotes entre cada cultivar separadamente. E, segundo as Regras para Análise de Sementes, a amplitude de tolerância máxima é de 0,5 a 0,9 % para as diferenças entre amostras de sementes de espécies palhentas, como arroz, trigo e milho (BRASIL, 2009).

Tabela 3.1 - Teor de umidade (U, em %) e peso de mil sementes (PMS, em g) de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

Cultivar	Lote	U*	PMS*
IRGA 431 CL	1	12,3	24,92
IRGA 431 CL	2	12,3	24,08
IRGA 431 CL	3	12,2	24,31
IRGA 424 RI	1	12,4	24,39
IRGA 424 RI	2	12,3	24,61
IRGA 424 RI	3	12,5	24,48
Guri INTÁ CL	1	12,4	25,52
Guri INTÁ CL	2	12,3	25,75
Guri INTÁ CL	3	12,2	25,06

\*Dados não submetidos à análise estatística.

Figura 3.3 – Médias do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) (PS (EA x C)) e do desdobramento de cultivar dentro de cada nível de pré-secagem e envelhecimento acelerado (C (PS x EA)) do percentual de fissuras nas severidades S1, S2 e S3 (%), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.



PS (EA x C) – Médias com letras (maiúsculas) distintas entre mesmos períodos (cores iguais), na mesma cultivar, comparadas entre tratamentos com e sem pré-secagem diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro.

C (PS x EA) – Médias com letras (minúsculas) distintas entre cultivares, comparadas entre distintos tratamentos com e sem pré-secagem, no mesmo envelhecimento acelerado (cores iguais) diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro.

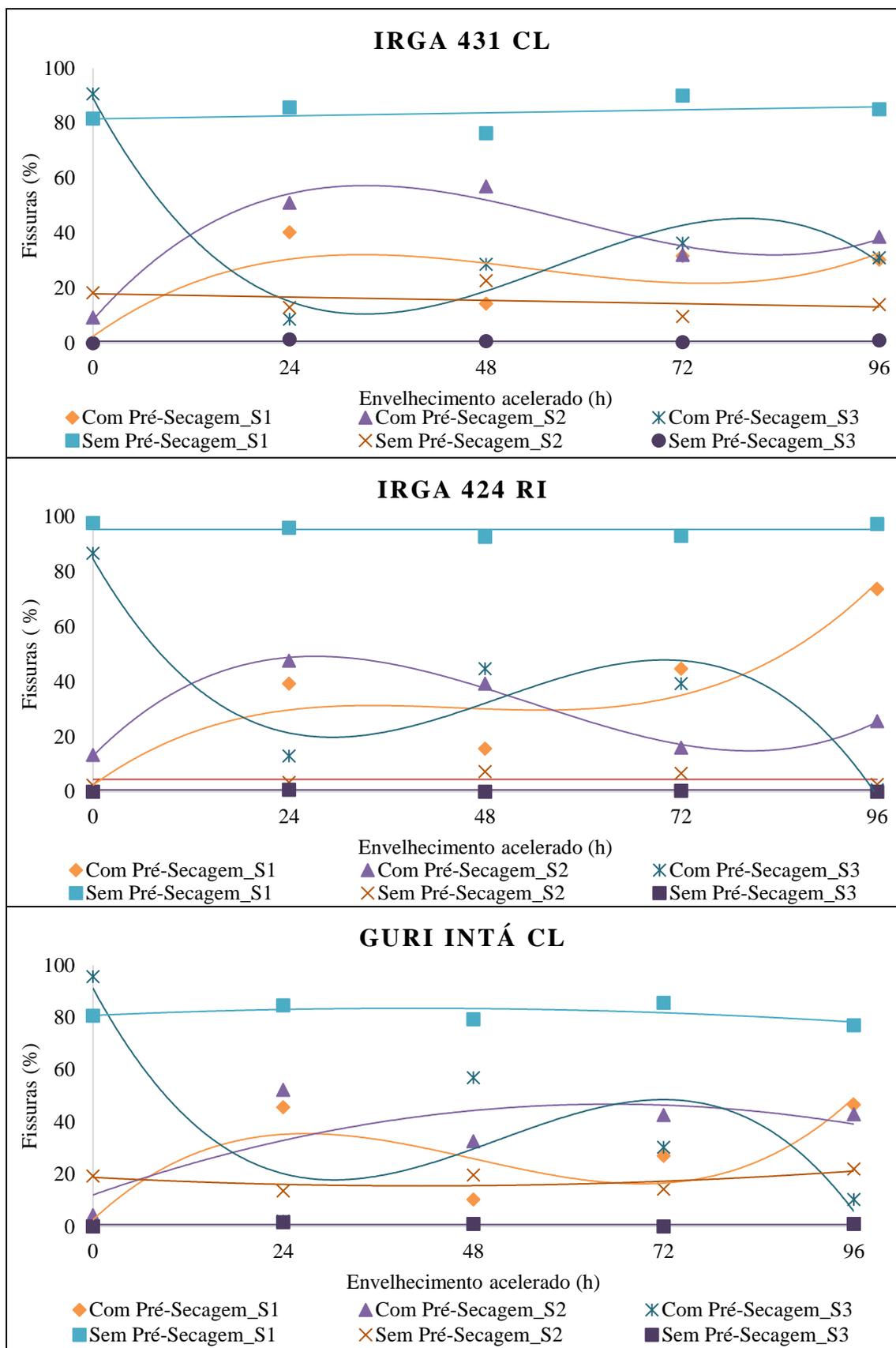
Tabela 3.2 – Equações, coeficiente de determinação ( $R^2$ , em %), ponto máximo (PM) ( $x_1$ , em h e  $y_1$ , em %) e ponto mínimo (Pm) ( $x_2$ , em h e  $y_2$ , em %) do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar do percentual de fissuras nas severidades S1, S2 e S3 (%), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

Severidade	Equação	$R^2$ (%)	PM		Pm	
			$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$
<b>IRGA 431 CL</b>						
Com pré-secagem						
S1	$y=0,0003x^3-0,0463x^2+2,1163x+2,4524$	59,24	68,62	26,59	34,27	32,68
S2	$y=0,0004x^3-0,071x^2+3,3784x+8,5039$	96,54	85,35	28,34	32,99	57,05
S3	$y=-0,0007x^3+0,1173x^2-5,4947x+89,044$	95,10	78,30	41,93	33,42	10,29
Sem pré-secagem						
S1	$y=0,0458x+81,535$	11,67	96	85,93	-	-
S2	$y=-0,05x+17,933$	14,13	96	13,13	-	-
S3	$y=0,66$	ns <sup>(1)</sup>	x <sup>(2)</sup>	0,66	-	-
<b>IRGA 424 RI</b>						
Com pré-secagem						
S1	$y=0,0004x^3-0,0507x^2+2,1365x+2,4049$	87,37	44,41	32,33	40,09	32,34
S2	$y=0,0005x^3-0,0737x^2+2,9964x+13,042$	99,33	69,54	33,15	28,73	50,15
S3	$y=-0,0008x^3+0,1245x^2-5,1407x+84,582$	93,12	75,31	61,85	28,44	20,68
Sem pré-secagem						
S1	$y=95,33$	ns	x	95,33	-	-
S2	$y=4,47$	ns	x	4,47	-	-
S3	$y=0,20$	ns	x	0,20	-	-
<b>Guri INTÁ CL</b>						
Com pré-secagem						
S1	$y=0,0005x^3-0,0729x^2+2,8196x+2,5999$	72,75	70,56	14,25	26,64	35,43
S2	$y=-0,0081x^2+1,0637x+12,085$	55,94	65,66	47,01	-	-
S3	$y=-0,0009x^3+0,1314x^2-5,6152x+91,115$	74,99	65,66	34,15	31,67	16,49
Sem pré-secagem						
S1	$y=-0,0017x^2+0,1363x+80,782$	32,74	40,09	83,51	-	-
S2	$y=0,0019x^2-0,1576x+18,79$	38,80	-	-	41,47	15,52
S3	$y=0,73$	ns	x	0,73	-	-

<sup>(1)</sup> ns Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

<sup>(2)</sup> x: a equação apresentou apenas valor médio de y, por ser ns.

Figura 3.4 – Gráficos do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar do percentual de fissuras nas severidades S1, S2 e S3 (%), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.



Ao analisar a Figura 3.3 observa-se que para severidade S1 o único tratamento onde não foram encontradas sementes de arroz com fissuras, nas três cultivares, foram as sementes em que ocorreu pré-secagem e não ocorreu envelhecimento acelerado. Ao analisar os percentuais da severidade S3 em que foi utilizado o método de pré-secagem sem o processo de envelhecimento acelerado, as sementes apresentaram maiores porcentagens de sementes com fissuras. Isso se deve ao maior número de fissuras nas sementes está relacionado a uma maior contração da semente devido à alta temperatura de secagem. Já o uso de pré-secagem mais o processo de envelhecimento acelerado, faz com que a semente absorva umidade novamente, diminuindo a porcentagem de fissuras nas sementes, então o uso do envelhecimento acelerado é benéfico para organização das estruturas da membrana da semente. Segundo Motta (1997), danos causados pela elevada temperatura de secagem (50 °C) repercutem nas operações de beneficiamento, tornando as sementes do lote mais quebradiças, e há interferência nos mecanismos de trocas hídricas e gasosas das sementes, fator que proporciona aumento a predisposição ao ataque de insetos e através das fissuras pode haver entrada de micro-organismos.

Na severidade S3, em sementes com tratamentos submetidas ao envelhecimento acelerado apresentaram sementes com menor porcentagem de fissuras, quando comparadas com os que receberam apenas pré-secagem. Ou seja, há um maior gradiente de pressão em tratamentos submetidas ao processo de pré-secagem, o que faz com que a superfície da semente se torne túrgida, ocorrendo compressão, ou ainda as células internas da semente contraem-se formando uma tensão interna, ocorrendo assim, as fissuras nas sementes.

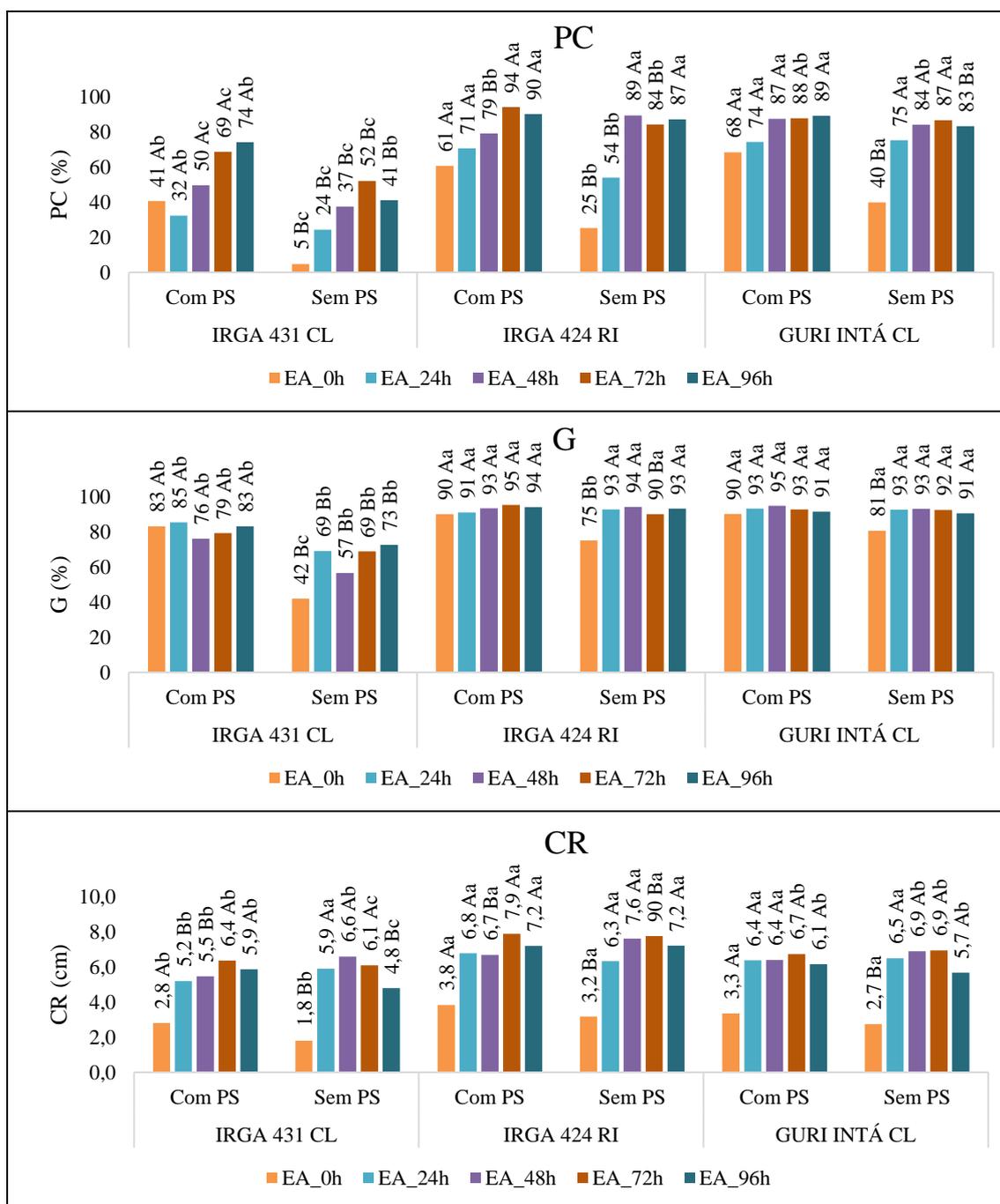
Aquecer excessivamente as sementes, durante o processo de secagem, pode reduzir a percentagem e velocidade de germinação, formar plântulas anormais, fissuras internas, rompimento do tegumento e alteração da coloração (NELLIST; HUGHES, 1973). Segundo Menezes et al. (2012), o aumento nas temperaturas de secagem resulta em maior percentagem de sementes com fissuras, fator que associado a outros efeitos de secagem, afetam negativamente a germinação. E ainda, segundo o autor secagens realizadas de forma errônea, com temperaturas ou tempo de exposição da semente ao calor de forma inadequada podem danificar membranas celulares e desnaturar proteínas, bem como causar fissuras. Estes danos proporcionam redução na qualidade física e fisiológica das sementes, seja logo após a secagem, causando danos de efeito imediato ou

mesmo durante o armazenamento (envelhecimento da semente), causando danos de efeito latente nas sementes (VILLELA; PESKE, 2003).

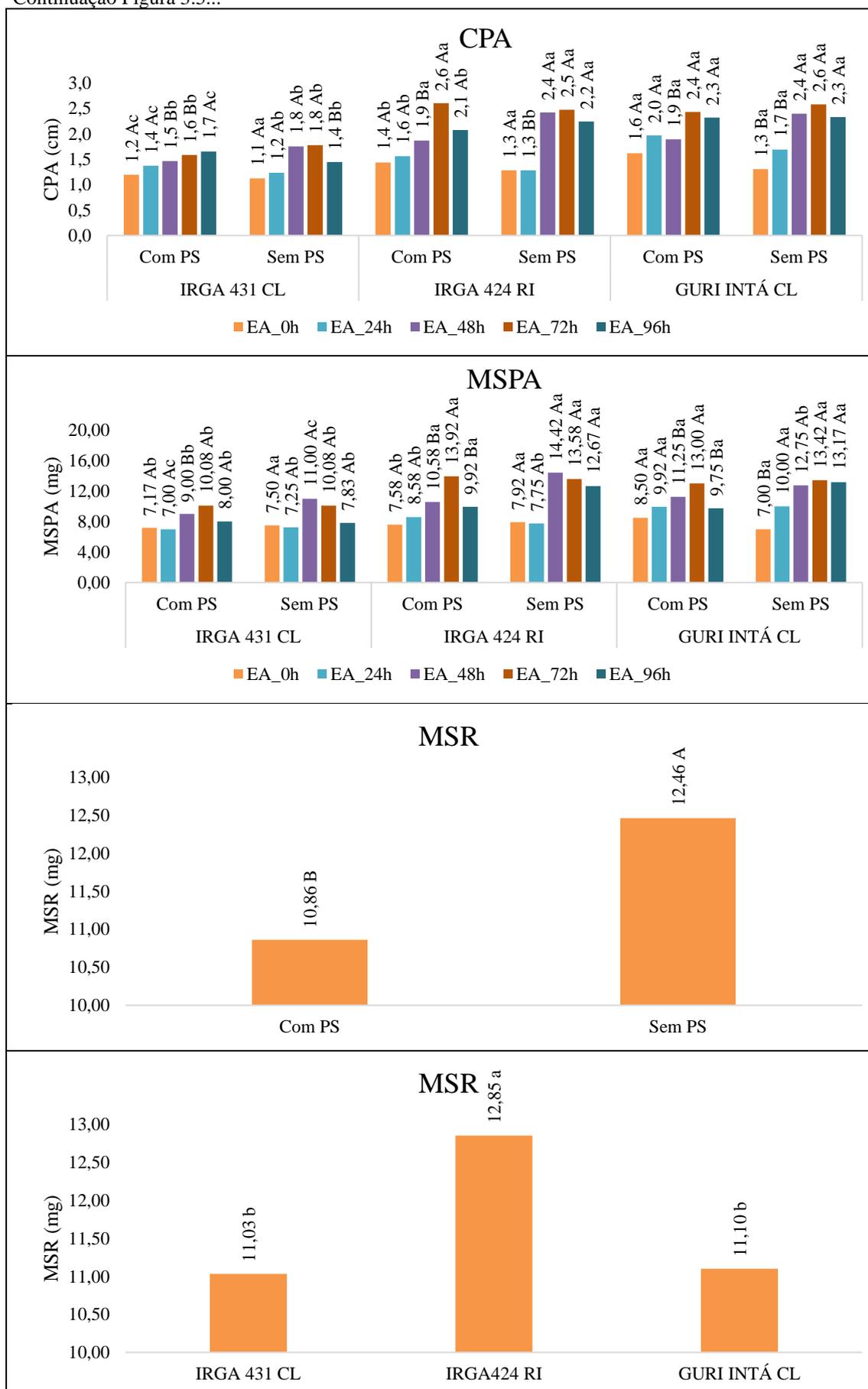
Ao analisar a Tabela 3.2 e Figura 3.4 que para os tratamentos sem pré-secagem não houve um bom ajuste dos dados as equações, podendo ser analisado através do baixo coeficiente de determinação e ainda para algumas situações não foi significativo a 5 % de erro pelo teste F em parte das análises, como em S1 e S2 para cultivar IRGA 424 RI e em S3 para as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL. Já para os tratamentos com pré-secagem na cultivar IRGA 431 CL, os pontos com maior severidade (envelhecimento acelerado e severidade) foram, 34,27 h e 32,68 %, em S1; 32,99 h e 57,05 % em S2; e 78,30 h e 41,93 % em S3 e os pontos com menor severidade (envelhecimento acelerado e severidade) foram, 68,62 h e 26,59 %, em S1; 85,35 h e 28,34 % em S2; e 33,42 h e 10,29 % em S3. Para cultivar IRGA 424 RI, os pontos com maior severidade (envelhecimento acelerado e severidade) foram, 40,09 h e 32,34 %, em S1; 28,73 h e 50,15% em S2; e 75,31 e 61,85 % em S3 e os pontos com menor severidade (envelhecimento acelerado e severidade) foram, 44,41 h e 32,33 %, em S1; 69,54 h e 33,15 % em S2; e 28,44 e 20,68 % em S3. Para cultivar Guri INTÁ CL, o ponto com maior severidade (envelhecimento acelerado e severidade) foram, 26,64 h e 35,43 %, em S1; 65,66,54 h e 47,01 % em S2; e 65,66 e 34,15 % em S3 e os pontos com menor severidade (envelhecimento acelerado e severidade) foram, 70,56 h e 14,25 %, em S1; e 31,67 e 16,49 % em S3, podendo constatar que quanto mais tempo de envelhecimento acelerado menos fissuras as sementes apresentam.

O surgimento de fissuras em sementes de arroz está associado a cultivar, às condições ambientais, ao estágio de maturação das sementes e às condições de secagem. Com os tratamentos apresentados pode-se observar maiores alterações na apresentação de fissuras entre os tratamentos do que entre as cultivares. Segundo Mattioni et al. (2011), a pré-secagem em estufa por 5 dias a uma temperatura de 50 °C causou o fissuramento de 100 % das sementes de arroz, além de reduzir drasticamente o seu teor de água, próximo a valores críticos. A qualidade fisiológica de sementes de arroz poderá ser afetada pelo processo da pré-secagem, e baseado nos resultados de pré-secagem e envelhecimento acelerado, é possível utilizar esses tratamentos na avaliação da qualidade de diferentes cultivares de arroz recém-colhidos.

Figura 3.5 - Médias do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) (PS (EA x C)) e do desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e pré-secagem (PS) (C (EA x PS)) para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), e das fontes de variação PS e C para massa seca de raiz (MSR, em cm), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020.



Continuação Figura 3.5...



PS (EA x C) – Médias com letras (maiúsculas) distintas entre mesmos períodos (cores iguais), na mesma cultivar, comparadas entre tratamentos com e sem pré-secagem diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro.

C (PS x EA) – Médias com letras (minúsculas) distintas entre cultivares, comparadas entre distintos tratamentos com e sem pré-secagem, no mesmo envelhecimento acelerado (cores iguais) diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro.

Para MSR – Médias com letras (maiúsculas) distintas entre pré-secagem diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro. Médias com letras (minúsculas) distintas entre cultivar diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro.

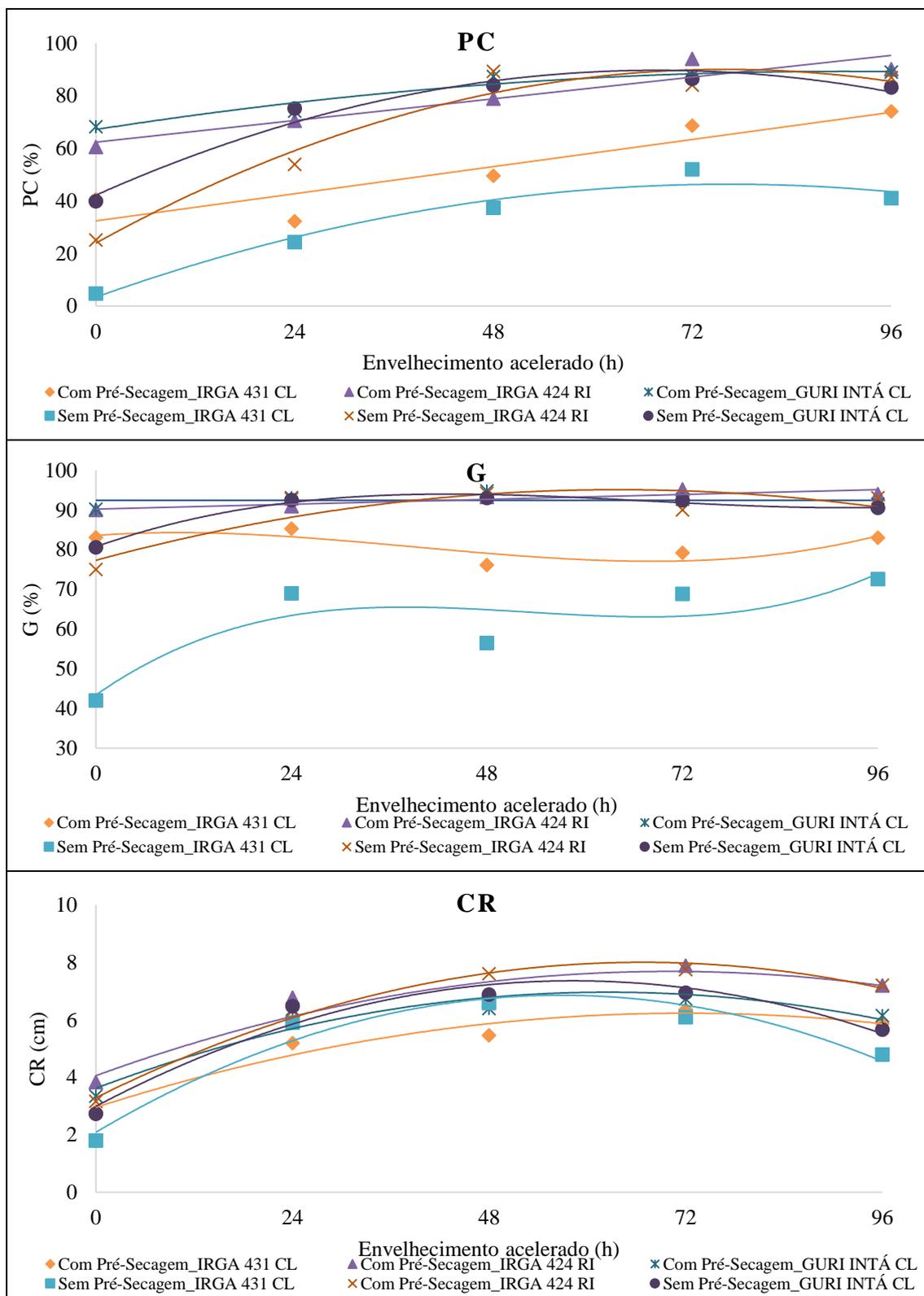
Tabela 3.3 – Equações, coeficiente de determinação ( $R^2$ , em %), ponto máximo (PM) ( $x_1$ , em h e  $y_1$ ) e ponto mínimo (Pm) ( $x_2$ , em h e  $y_2$ ) do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg) e da fonte de variação EA para massa de matéria seca de raiz (MSR, em mg), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020.

Cultivar	Equação	$R^2$	PM		Pm	
			$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$
PC (%)						
Com pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = 0,4302x + 32,4$	83,01	96	74	-	-
IRGA 424 RI	$y = 0,344x + 62,352$	89,52	96	95	-	-
Guri INTÁ CL	$y = -0,0027x^2 + 0,4904x + 67,169$	94,46	91	89	-	-
Sem pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = -0,0074x^2 + 1,1264x + 3,35$	95,92	76	46	-	-
IRGA 424 RI	$y = -0,0115x^2 + 1,7402x + 23,943$	95,74	76	90	-	-
Guri INTÁ CL	$y = -0,0104x^2 + 1,4031x + 42,188$	96,79	67	90	-	-
G (%)						
Com pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = 0,00007x^3 - 0,0086x^2 + 0,1493x + 83,585$	67,09	72	76	10	84
IRGA 424 RI	$y = 0,051x + 90,217$	80,93	96	95	-	-
Guri INTÁ CL	$y = 92,417$	ns <sup>(1)</sup>	x <sup>(2)</sup>	92	-	-
Sem pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = 0,0002x^3 - 0,0295x^2 + 1,4353x + 43,396$	78,60	54	66	44	66
IRGA 424 RI	$y = -0,0043x^2 + 0,5549x + 77,329$	78,12	65	95	-	-
Guri INTÁ CL	$y = 0,00006x^3 - 0,0123x^2 + 0,7257x + 80,735$	98,54	94	90	43	94
CR (cm)						
Com pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = -0,0006x^2 + 0,0911x + 2,9533$	94,99	75,92	6,41	-	-
IRGA 424 RI	$y = -0,0007x^2 + 0,1035x + 4,0565$	90,31	73,93	7,88	-	-
Guri INTÁ CL	$y = -0,0009x^2 + 0,1069x + 3,6186$	90,39	59,39	6,79	-	-
Sem pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = -0,0015x^2 + 0,1683x + 2,0873$	95,04	56,10	6,81	-	-
IRGA 424 RI	$y = -0,0011x^2 + 0,1411x + 3,2898$	99,02	64,14	7,81	-	-
Guri INTÁ CL	$y = -0,0013x^2 + 0,15x + 2,9908$	94,87	57,69	7,32	-	-
CPA (cm)						
Com pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = 0,0047x + 1,2267$	97,59	96	1,68	-	-
IRGA 424 RI	$y = -9E-06x^3 + 0,0011x^2 - 0,0229x + 1,4636$	93,67	69,23	2,16	12,25	1,33
Guri INTÁ CL	$y = 0,0078x + 1,6727$	79,92	96	2,42	-	-
Sem pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = -0,000005x^3 + 0,0005x^2 - 0,0015x + 1,1089$	95,43	65,13	1,75	1,54	1,11
IRGA 424 RI	$y = -0,000009x^3 + 0,001x^2 - 0,011x + 1,2394$	91,15	68,09	2,29	5,98	1,21
Guri INTÁ CL	$y = -0,0002x^2 + 0,0336x + 1,2173$	93,95	84,00	2,63	-	-
MSPA (mg)						
Com pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = -0,00003x^3 + 0,004x^2 - 0,0829x + 7,1548$	99,85	76,91	10,79	11,98	6,68
IRGA 424 RI	$y = -0,00005x^3 + 0,0062x^2 - 0,104x + 7,7119$	95,07	73,19	13,71	9,47	7,24
Guri INTÁ CL	$y = -0,00003x^3 + 0,0032x^2 - 0,0174x + 8,5845$	95,73	68,28	12,77	2,83	8,56
Sem pré-secagem						
IRGA 431 CL	$y = -0,00003x^3 + 0,0036x^2 - 0,0415x + 7,3286$	82,10	73,75	11,81	6,25	7,20
IRGA 424 RI	$y = -0,00004x^3 + 0,0049x^2 - 0,0355x + 7,606$	83,45	77,87	15,67	3,80	7,54
Guri INTÁ CL	$y = -0,0011x^2 + 0,1678x + 6,8905$	99,43	76,27	13,29	-	-
MSR (mg)						
EA	$y = -0,00004x^3 + 0,0042x^2 - 0,034x + 8,7673$	99,36	65,69	13,32	4,31	8,70

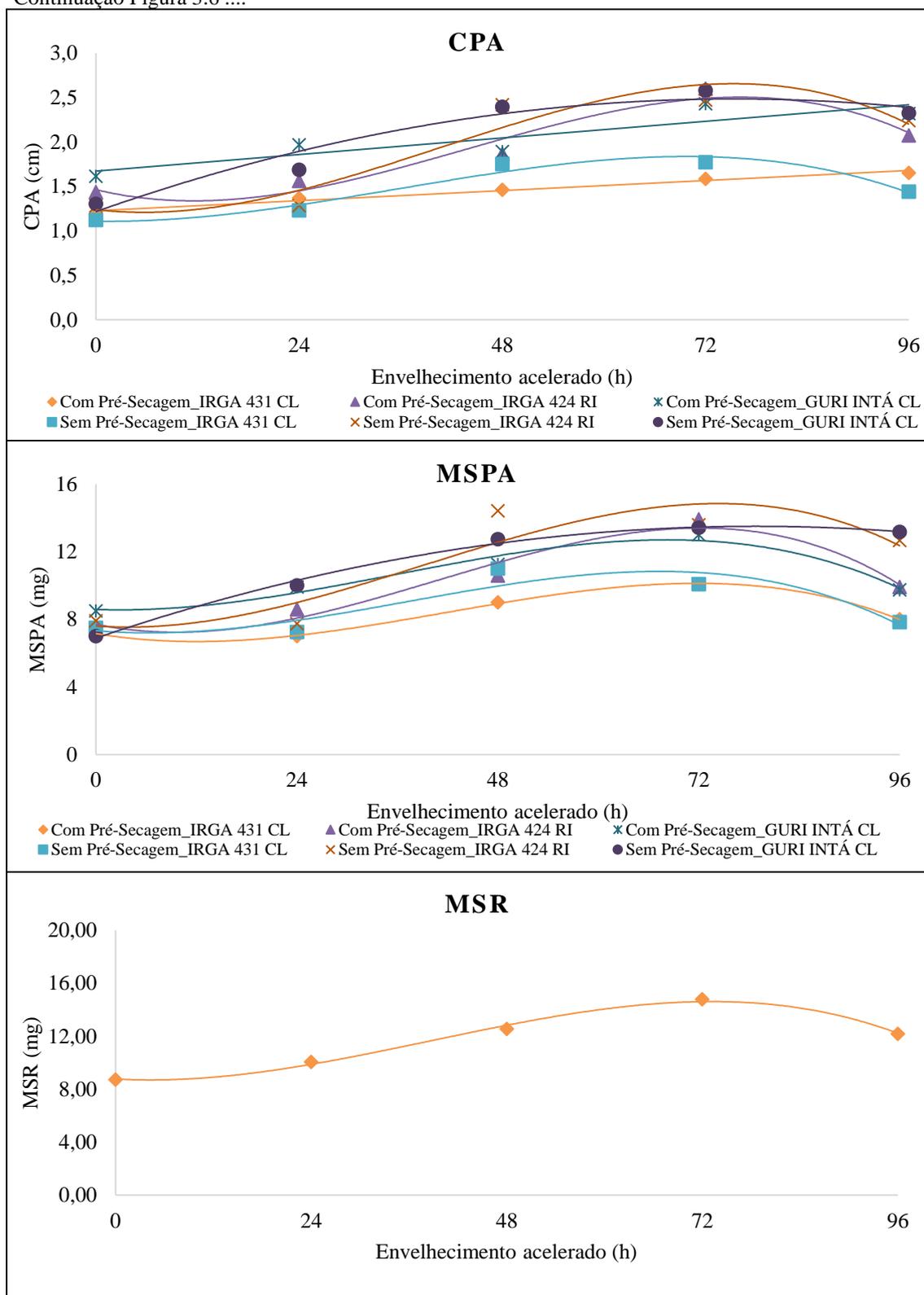
<sup>(1)</sup> ns Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

<sup>(2)</sup> x: a equação apresentou apenas valor médio de y, por ser ns.

Figura 3.6 – Gráficos do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm), e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), e da fonte de variação EA para massa de matéria seca de raiz (MSR, em mg), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020.



Continuação Figura 3.6 ....



Para o caractere primeira contagem o tratamento sem pré-secagem e sem envelhecimento acelerado das sementes foi o que apresentou menor porcentagem de plântulas normais ao 5º dia de avaliação (Figura 3.5). Por serem sementes recém-colhidas

a superação da dormência ainda não ocorreu e há resistência da semente para germinar. Esse fato ocorre, pois, em sementes de arroz, a casca impede a penetração de oxigênio para que se realize o processo germinativo além de consumir oxigênio (MARCOS FILHO, 2015). Segundo Roberts (1961), na fase inicial do processo de germinação, a restrição à entrada de oxigênio nas sementes de arroz, consiste na principal causa de dormência das sementes.

Os tratamentos que apresentaram maior porcentagem de plântulas normais ao 5º dia de avaliação, foram nas sementes com pré-secagem e sem pré-secagem em 48, 72 e 96 h de envelhecimento acelerado, demonstrando ser tratamentos importante em futuras análises laboratoriais de sementes de arroz. E, ao analisar as cultivares pode ser notado que as sementes da cultivar IRGA 431 CL não responderam de forma efetiva ao processo de pré-secagem, demonstrando sementes com dormência mais intensa quando comparadas às demais cultivares. No entanto, nota-se que a pré-secagem foi eficiente, pois em tratamentos em que não foi realizada a pré-secagem a porcentagem de plântulas normais ao 5º dia foi diminuído (Figura 3.5). Para Peske et al. (1997), à medida que a dormência vai desaparecendo, durante o armazenamento ou envelhecimento da semente, o consumo de oxigênio pela casca diminui, ou seja, a casca impõe a dormência nas sementes de arroz, impossibilitando o embrião de absorver oxigênio. E ainda, em sementes recém-colhidas, a entrada de água nos tecidos dificulta a absorção de oxigênio, assim, o armazenamento da semente seca por um determinado período, promove a difusão do oxigênio para o interior, determinando a redução na quantidade de inibidores da germinação, favorecendo a superação a dormência (OLATOYE; HALL, 1972). Lima et al. (2019) observaram que, como o arroz apresenta dormência após a colheita, durante o armazenamento ocorre aumento da qualidade fisiológica das sementes. Portanto, é aconselhável o uso de envelhecimento acelerado para verificar a germinação de sementes recém colhidas.

Ao analisar a Tabela 3.3 para o caractere primeira contagem constatou-se que ocorreu um bom ajuste dos dados, pois o  $R^2$  teve valores próximos a 100%. Em tratamentos com pré-secagem é necessário maior tempo de envelhecimento acelerado para se obter os pontos máximos de primeira contagem, chegando a valores próximos a 96 h de envelhecimento acelerado. Já, para tratamentos sem pré-secagem é necessário menor tempo de envelhecimento acelerado para obter os pontos máximos de primeira contagem. A cultivar Guri INTÁ CL foi o que necessitou de menor tempo de envelhecimento acelerado em sementes submetidas a tratamentos com e sem pré-

secagem. Como sementes submetidas a pré-secagem tiveram mais fissuras na sua estrutura, esta necessita de mais tempo para a membrana se reestruturar e obter melhores resultados de primeira contagem.

Ao analisar as médias da germinação (Figura 3.5), pode-se constatar que na cultivar Guri INTÁ CL não houve distinção entre os tratamentos, com exceção para o uso sem envelhecimento acelerado em sementes com e sem pré-secagem, demonstrando que esta cultivar resultará em um elevado percentual de germinação mesmo em sementes com maior tempo de armazenamento e sem realizar a pré-secagem haverá um bom estande de plantas quando semeada. Lotes de sementes com alto vigor mantém sua viabilidade quando submetidos ao estresse, já lotes de baixo vigor têm sua viabilidade reduzida (AOSA, 1983; KRZYZANOWSKI., 1991). Nos tratamentos para cultivar IRGA 431 CL, constatou-se resposta positiva aos tratamentos de pré-secagem e envelhecimento acelerado, porém ao comparar com a primeira contagem os resultados foram menos expressivos quando as sementes não tiveram pré-secagem e nem envelhecimento acelerado, demonstrando que devem ser utilizados testes mais sensíveis para detectar e avaliar estes caracteres.

Em sementes de arroz são encontradas dificuldades na execução dos testes, pois o vigor pode ser refletido através de várias características como velocidade de germinação, uniformidade de emergência, resistência ao frio, temperatura e umidade elevadas, substâncias tóxicas, dentre outros. Assim, deve-se ressaltar a importância de realizar um conjunto de testes que responda a estas características. E para a cultivar IRGA 424 RI, o uso de pré-secagem ou não e o envelhecimento acelerado proporcionou melhores resultados de germinação nas sementes estudadas. E, somente o uso de sementes sem pré-secagem e sem envelhecimento acelerado tiveram menor porcentagem de germinação. O teste foi satisfatório na estratificação das cultivares em relação à qualidade fisiológica e a diferença entre cultivar pode ser resultado de vários fatores, tanto externos quanto intrínsecos.

Ao analisar a Figura 3.6 constatou-se resultados semelhantes para primeira contagem e germinação, em que sementes com pré-secagem necessitam de maior tempo de envelhecimento acelerado que em sementes em uso da pré-secagem. O teste de envelhecimento acelerado empregado nos distintos tratamentos, torna-se semelhante ao envelhecimento natural que ocorre nas sementes, por utilizar alta temperatura e umidade relativa elevada. Porém este processo de envelhecimento artificial ocorre com maior velocidade, baseado na simulação de fatores ambientais adversos, como temperatura e

umidade relativa elevadas, que são as principais causas de deterioração das sementes (MARCOS-FILHO, 1994). Desta forma, pode ser constatado nos resultados que sementes mais vigorosas, apresentam maior porcentagem de germinação, após submetidas aos tratamentos com envelhecimento acelerado.

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), incrementos nos teores de água favorecem em maior temperatura da semente, em decorrência dos processos respiratórios e da maior atividade de microrganismos. Assim, o aumento no período de exposição das sementes ao envelhecimento acelerado pode ter proporcionado maior incremento no teor de umidade nas sementes, o que pode ter auxiliado ainda mais no processo de germinação. E ainda, sementes mais vigorosas geralmente são menos afetadas em sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas ao envelhecimento acelerado.

Ao analisar as médias do comprimento de raiz (Figura 3.5) pode ser notado que plântulas oriundas de sementes recém-colhidas com e sem pré-secagem, e sem envelhecimento acelerado apresentaram menor comprimento de raiz em todas as cultivares analisadas. Assim, segundo Mason e Lorimer (2000), a capacidade do rompimento das paredes celulares da semente, pode ser dificultada, devido ao pequeno diâmetro da parede celular e a presença de macromoléculas como proteínas e ácidos nucleicos, fazendo com que sementes recém-colhidas possuam maior dificuldade no rompimento da parede para surgimento da raiz. Assim, ao analisar os resultados dos tratamentos com envelhecimento acelerado pode-se observar que este é promissor para o desenvolvimento de radículas de maior comprimento. Pois, com o processo de envelhecimento acelerado a semente aumenta sua umidade durante o seu acondicionamento, provocando um processo mais acelerado na germinação, ocasionando assim o aparecimento antecipado da raiz quando colocadas na BOD para germinar, proporcionando raiz de maior comprimento. Pois devido a temperaturas elevadas durante o processo de envelhecimento acelerado, há uma maior atividade metabólica na semente, em que segundo Ferreira e Borghetti (2004) temperaturas elevadas evidenciam maior atividade metabólica, favorecendo o condicionamento fisiológico das sementes, que assim permanecem por menos tempo sujeitas a danos de embebição. Segundo estudos realizados por Heydecker et al. (1975) apontam que temperaturas reduzidas acarretam em menor absorção de água pelas sementes, confirmando assim o efeito da temperatura sobre o condicionamento fisiológico das sementes.

Segundo Patané et al. (2006), dependendo da condição de temperatura de armazenamento, as sementes podem sofrer estresse severo, levando a um rápido consumo de suas reservas logo no início do processo de germinação e um rápido crescimento, fator que pode explicar o maior comprimento de raiz nas sementes que tiveram envelhecimento acelerado. E segundo Zucarelli et al. (2015), a redução de qualidade fisiológica pode ocorrer devido ao processo de deterioração das sementes, que quando expostas as flutuações de temperatura e umidade tornam-se mais suscetíveis a estresses durante a germinação.

Ao analisar o comprimento de raiz (Tabela 3.3) notou-se resultados semelhantes em sementes tratadas com e sem pré-secagem. Em sementes com pré-secagem os pontos máximos de envelhecimento acelerado e comprimento de raiz foram de 75,92 h e 6,41 cm; 59,39 h e 7,32 cm; 59,39 e 6,79 cm, para as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, respectivamente. Em sementes sem pré-secagem os pontos máximos de envelhecimento acelerado e comprimento de raiz foram de 56,10 h e 6,81 cm; 64,14 h e 7,81 cm; 57,69 h e 7,32 cm, para as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, respectivamente, podendo-se observar que dentre as cultivares, a Guri INTÁ CL necessita de menor tempo de envelhecimento acelerado que as demais cultivares para obter maior comprimento de raiz.

Ao analisar o comprimento de parte aérea das plântulas (Figura 3.5), constatou-se que houve maior diferença entre tratamentos nas cultivares IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, notando-se maior distinção entre os comprimentos. Pode ser constatado ainda que houve diferença varietal, pois ao analisar os caracteres pode-se verificar diferenças entre as cultivares analisadas, ressaltando a importância de cada cultivar ser analisada separadamente. E ao comparar o ponto máximo das três cultivares, a cultivar IRGA 431 CL obteve menor comprimento de parte aérea tanto em sementes tratadas com e sem pré-secagem (Tabela 3.3).

Para massa de matéria seca de parte aérea constatou-se que o tratamento sem pré-secagem e sem envelhecimento acelerado foi o menos indicado em sementes recém colhidas de arroz para as cultivares analisadas (Figura 3.5). Para Oliveira et al. (2009), quanto maior o comprimento e massa seca de plântulas originárias de um lote de sementes, mais vigorosas serão essas sementes, sendo esta característica também utilizada como um dos testes de vigor (AOSA, 1983). Com o uso de envelhecimento acelerado o caractere massa de matéria seca de parte aérea variou entre 68,28 h (com pré-secagem Guri INTÁ CL) e 77,87 h (sem pré-secagem IRGA 424 RI) (Tabela 3.11), demonstrando

menor variação no tempo de envelhecimento acelerado quando comparado com os demais caracteres apresentados anteriormente.

Por fim ao analisar o caractere massa seca de raiz constatou-se que sem o uso de pré-secagem obtém-se maior massa seca e que a cultivar IRGA 424 RI apresenta maior massa seca de raiz quando comparada com as demais cultivares (Figura 3.5). E ainda o ponto máximo de envelhecimento acelerado e massa seca de raiz é de 65,69 h e 13,32 mg, respectivamente (Tabela 3.3).

Neste estudo, o uso de envelhecimento acelerado para avaliar a massa seca, foram muito sensíveis na determinação do vigor das sementes, conforme também relatado para várias espécies por Marcos (2015). Sementes de alto vigor apresentam rápida emergência em condições ambientais desfavoráveis, com bom desenvolvimento inicial da plântula e, portanto, maior acúmulo de massa seca (MONDO et al., 2013). Por apresentarem alta eficiência de utilização das reservas de sementes para mobilização de recursos para o desenvolvimento do eixo embrionário, essas sementes resultam em plantas de maior peso (ANDRADE; COELHO; PADILHA, 2019).

### 3.4 CONCLUSÕES

Para as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL o uso de pré-secagem a 45 °C em estufa de circulação de ar forçado, sem envelhecimento acelerado foi o que causou maior porcentagem de fissuras nas sementes de arroz das três cultivares.

Para as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, a superação de dormência com pré-secagem a 45 °C em estufa de circulação de ar forçado e envelhecimento acelerado por 72 ou 96 h a 42 °C são os tratamentos com menores alterações fisiológicas de plântulas de arroz e com melhor desenvolvimento inicial.

## 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing, 1983, 88p.

ANDRADE, G.C.; COELHO, C.M.M.; PADILHA, M.S. Seed reserves reduction rate and reserves mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 488-497, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009. 399p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 4. ed., Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**, Kluwer Massachusetts: Academic Publishers, 4. ed., p. 165-192, 2001.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Editora Artmed, São Paulo, 2004, 32 p.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, I.J. Invigoration of seeds? **Seed Science and Technology**, v. 3 p. 881-888, 1975.

KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 15-50, 1991.

KUNZE, O.R. Fissuring of the rice grain after heated air drying. **Transactions of the ASAE**, ST. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1197-1207, 1979.

LIMA, J.M.E.; SMIDERLE, O.J.; GALVÃO, L.M.; SÁ, A.R.; CORDEIRO, A.C.C. Relação qualidade de moagem e qualidade fisiológica de sementes de arroz durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 30-39, 2019.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. ABRATES: Londrina, 2015. 650p.

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

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 133-150.

MARIOT, C. Produção de semente genética, pré-básica e básica de arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 36, n. 346, p. 29-36, 1983.

MASON, T.J.; LORIMER, J.P. **Applied Sonochemistry**: the uses of power ultrasound in chemistry and processing. Coventry University. Germany, 2000. 303 p.

MATTIONI, M.N.; MENEZES, N.L.; BALDI, M.E.; SEGALIN, S.R. Efeito da pré-secagem na qualidade física e fisiológica de sementes de arroz (*Oryza sativa*). **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v. 18, n. 1, p. 98-107. 2011.

MENEZES, N.L.; CICERO, S.M.; VILLELA, F.A.; BORTOLOTTI, R.P. Using X-Rays to evaluate fissures in rice seeds dried artificially. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.34, n.1, p.70-77, 2012a.

MENEZES, N.L., FRANZIN, S.M.; BORTOLOTTI, R.P. Dormência em sementes de arroz: causas e métodos de superação. **Ciências Agro-ambientais**, n. 7, p. 35-44, 2009.

MENEZES, N.L.; PASQUALLI, L.L.; BARBIERI, A.P.P.; VIDAL, M.D.; CONCEIÇÃO, G.M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 430-436, 2012b.

MONDO, V.H.V., CICERO, S.M., DOURADO, D., NETO, PUPIM, T.L., DIAS, M.A. N. (2013). Response of maize and soybean to variability in stand uniformity. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 4 p. 1263-1269, 2013.

MOTTA, W.A. **Adaptação do método contínuo de secagem para sementes de arroz**. 1997. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1997.

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

NELLIST, M.E.; HUGHES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. **Seed Science and Tchnology**, Zurich, v. 1, n. 1, p. 643-643.1973.

OLATOYE, S.T.; HALL, M.A. Interaction of ethylene and light on dormant weed seeds. In: HEYDECKER, W. (Ed). **Seed Ecology**. Norwich, England: Pennsylvania State University, 1972. p. 23- 249.

OLIVEIRA, A.C.S, MARTINS, G.N. SILVA, R.F. VIEIRA, H.D. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Inter Science Place**, 21 p. 2009.

PATANÈ, C.; CAVALLARO, V.; AVOLA, G.; D'AGOSTA, G. Seed respiration of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] during germination as affected by temperature and osmoconditioning. **Seed Science Research**, v. 16, n. 04, p. 251-260, 2006.

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A.; NUNES, M.M.; FERREIRA, L.H. Sobrevivência de sementes de arroz vermelho depositadas no solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 3, n. 1, p. 17-22, 1997.

ROBERTS, E.H. Dormancy in rice seed. III. The influence o temperature, moisture and gaseous environment. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 13, p. 75-94, 1961.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, ABRATES,1999. 218p.

VILLELA, F.A.; PESKE, S.T. Secagem de sementes. In: PESKE, S.; ROSENTHAL, M.; ROTA, G. (Eds.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2003. p. 283-321.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C.R.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS JÚNIOR, E.U. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 803-809, 2015.

#### 4 ARTIGO 2 - TESTES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TETRAZÓLIO PARA ESTRATIFICAR SEMENTES DE ARROZ SUBMETIDAS A PRÉ-SECAGEM E ENVELHECIMENTO ACELERADO

##### RESUMO

A integridade das membranas celulares é um parâmetro para avaliação de vigor das sementes recém-colhidas ou com longo período de armazenagem, ou ainda com membrana danificada que apresentam redução de seu vigor. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi indicar se o uso de pré-secagem e envelhecimento acelerado em sementes de três cultivares de arroz podem ser utilizados como tratamentos para avaliar o vigor através do teste de condutividade elétrica e avaliar a viabilidade e vigor através do teste de tetrazólio. Foi conduzido um experimento no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes, da Universidade Federal de Santa Maria. Foram utilizadas as cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL com três lotes por cultivar. Os tratamentos foram arrançados em delineamento inteiramente casualizado em esquema trifatorial ( $2 \times 5 \times 3$ ), com quatro repetições, o primeiro fator foi representado pela pré-secagem (com pré-secagem e sem pré-secagem), o segundo fator de análise utilizado foi representado pelo envelhecimento acelerado em estufa de circulação de ar forçado a 42 °C (0, 24, 48, 72 e 96 h) e o último fator foi utilizado a média de 3 lotes de cada cultivar. No experimento foi avaliado o teste de condutividade elétrica e o teste de tetrazólio. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste de médias Scott-Knott e análise de regressão. Para cultivar IRGA 431 CL o uso de condutividade elétrica a 25 °C, em sementes com pré-secagem por 22,43 h de envelhecimento acelerado e em sementes sem pré-secagem por 16,89 h de envelhecimento acelerado. Para cultivar IRGA 424 RI o uso de até 37,79 h de envelhecimento acelerado proporciona melhor resultados. E para cultivar Guri INTÁ CL pode-se usar em sementes com pré-secagem 35,64 h de envelhecimento acelerado (CE 20 °C) e 35,83 h de envelhecimento acelerado (CE 25 °C), e em sementes sem pré-secagem pode-se usar 75,03 h de envelhecimento acelerado (CE 20 °C) e 85,68 h de envelhecimento acelerado (CE 25 °C).

**Palavras-chaves:** *Oryza sativa* L.. Vigor. Dormência.

## ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND TETRAZOLIUM TESTS TO STRATIFY RICE SEEDS SUBMITTED TO PRE-DRYING AND ACCELERATED AGING

### ABSTRACT

The integrity of cell membranes is a parameter for assessing the vigor of freshly harvested seeds or those with a long storage period, or even with damaged membranes that show reduced vigor. Thus, the objective of this study was to indicate whether the use of pre-drying and accelerated aging in seeds of three rice cultivars can be used as treatments to evaluate vigor through the electrical conductivity test and to evaluate viability and vigor through the test of tetrazolium. An experiment was conducted at the Didactic and Research Laboratory in Seeds, at the Federal University of Santa Maria. The cultivars IRGA 431 CL, IRGA 424 RI and Guri INTÁ CL were used with three lots per cultivar. The treatments were arranged in a completely randomized design in a three-factor scheme ( $2 \times 5 \times 3$ ), with four replications, the first factor was represented by pre-drying (with pre-drying and without pre-drying), the second analysis factor used was represented by accelerated aging in an oven with forced air circulation at 42 °C (0, 24, 48, 72 and 96 h) and the last factor was the average of 3 batches of each cultivar. In the experiment, the electrical conductivity test and the tetrazolium test were evaluated. The data obtained were subjected to analysis of variance and compared using the Scott-Knott mean test and regression analysis. To cultivate IRGA 431 CL, the use of electrical conductivity at 25 °C, in seeds with pre-drying for 22.43 h of accelerated aging and in seeds without pre-drying for 16.89 h of accelerated aging. To cultivate IRGA 424 RI, the use of up to 37.79 h of accelerated aging provides better results. And to cultivate Guri INTÁ CL, 35.64 h of accelerated aging (EC 20 °C) and 35.83 h of accelerated aging (EC 25 °C) can be used in seeds with pre-drying (EC 25 °C), and in seeds without pre-drying drying, 75.03 h of accelerated aging (EC 20 °C) and 85.68 h of accelerated aging (EC 25 °C) can be used.

**Key words:** *Oryza sativa* L.. Vigor. Numbness.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

Sementes com longo período de armazenagem, ou ainda com membrana danificada apresentam redução de seu vigor. A integridade das membranas celulares é um parâmetro para avaliação de vigor das sementes (HAMPTON; TEKRONY, 1995). Assim, para avaliar o vigor, o teste de condutividade elétrica pode ser utilizado, o qual baseia-se no princípio de que, com o processo de deterioração, ocorre aumento da lixiviação dos constituintes celulares das sementes embebidas em água, devido à perda da integridade dos sistemas de membranas celulares. Então, quanto menor a integridade física da membrana da semente, maior será a lixiviação dos solutos citoplasmáticos liberados durante a embebição e maior será a condutividade elétrica (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987).

As sementes após a maturidade fisiológica entram em processo de envelhecimento ou deterioração. Para avaliar este processo desenvolveu-se o teste de envelhecimento acelerado para análise do vigor em sementes (CUSTÓDIO, 2005), baseado no estresse da semente. Wrasse et al. (2009) constataram que o teste de envelhecimento acelerado é o mais indicado para avaliar o vigor de sementes de arroz e a combinação do teste de envelhecimento acelerado e o de condutividade elétrica se torna mais promissora (HAMPTON; COOLBEAR, 1990). Segundo Vieira e Krzyzanowski (1999), ao avaliar sementes de soja e ervilha, constataram que o teste de condutividade elétrica apresenta resultados semelhantes à emergência das plântulas em campo e por meio do teste é possível classificar os lotes de sementes em relação à sua qualidade.

Vários fatores podem interferir nos resultados da análise da condutividade elétrica como o número de sementes, o volume de água, o tempo de embebição das sementes, características genéticas da espécie, a idade dos lotes de sementes, bem como o grau de deterioração que as sementes apresentam (MARCOS FILHO, 2015). Deste modo, pode ocorrer ampla variação entre cultivares, lotes e safras agrícolas. Assim, torna-se necessário ajustar a metodologia da condutividade elétrica para cada cultivar estudada.

O teste de tetrazólio é um método rápido para estimar a viabilidade e vigor das sementes, baseando-se principalmente na distribuição dos tecidos vivos e mortos do embrião, com um resultado final da determinação da viabilidade em sementes em um período inferior a 24 horas (ISTA, 2003; BRASIL, 2009). O teste pode proporcionar o exame detalhado das estruturas essenciais da semente, e torna possível identificar fatores que são responsáveis pela redução da qualidade fisiológica de sementes, pois o teste

demonstra um mapeamento topográfico do embrião (DELOUCHE et al., 1976; FRANÇA NETO et al., 1998; FRANÇA NETO, 1999).

O teste de tetrazólio é importante para o controle de qualidade de sementes, pois permite estimar de forma rápida a capacidade de germinação das sementes, incluindo as dormentes (TUNES et al., 2009). Deste modo, os resultados obtidos com o teste de tetrazólio podem ser utilizados como base para comercialização, semeadura, determinação do ponto de colheita e controle de qualidade durante o beneficiamento e armazenamento de sementes (MARCOS FILHO et al., 1987), tendo uma vantagem significativa na aplicação do teste que é a possibilidade de aplicá-lo na pré-colheita a fim de direcionar o campo de produção de determinada espécie (FRANÇA NETO et al., 2015).

Assim, o objetivo deste estudo foi indicar se o uso de pré-secagem e envelhecimento acelerado em sementes de três cultivares de arroz podem ser utilizados como tratamentos para avaliar o vigor através do teste de condutividade elétrica e avaliar a viabilidade e vigor através do teste de tetrazólio.

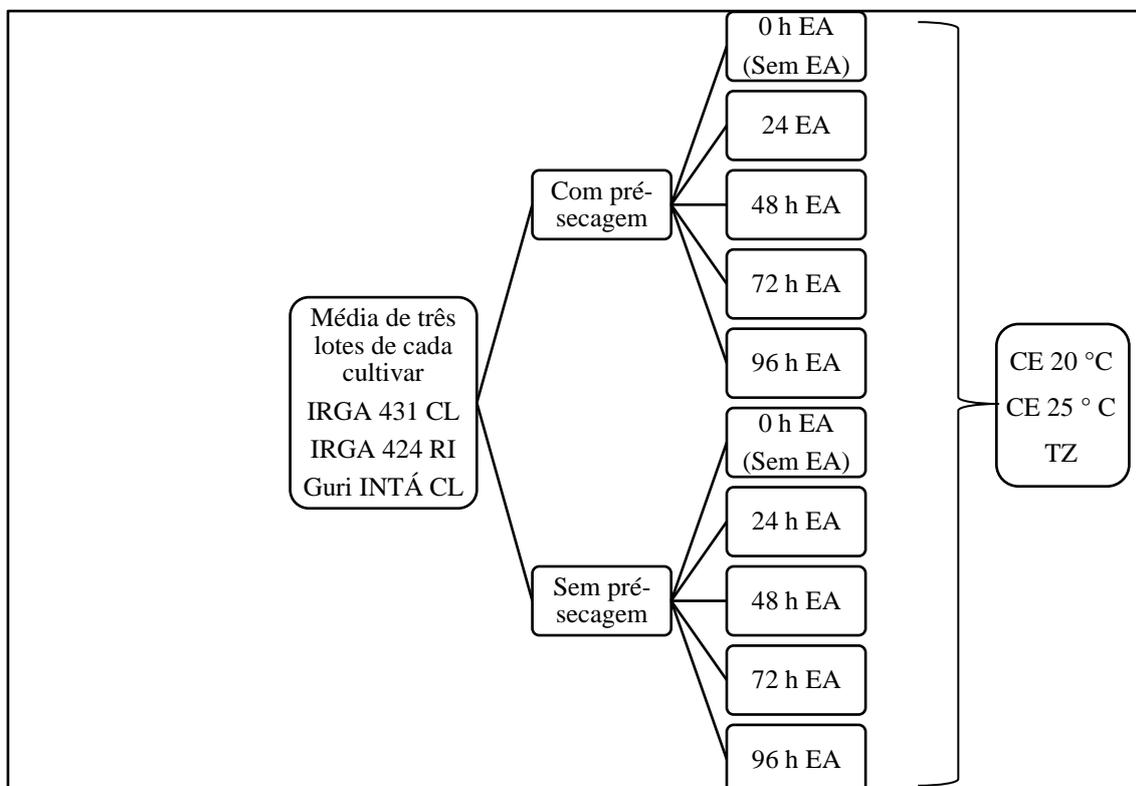
#### 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Foram utilizadas sementes da safra 2019/2020 de três cultivares de arroz (IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL) recém-colhidas e beneficiadas com três lotes por cultivar.

Previamente foram realizadas análises para a caracterização dos lotes de sementes, determinando a qualidade física e fisiológica. O peso de mil sementes foi determinado através de oito repetições de 100 sementes, pesadas em balança de precisão (0,001 g) de acordo com metodologia descrita nas Regras para Análises de Sementes – RAS (BRASIL, 2009), com resultado expresso em gramas. A determinação do grau de umidade foi pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas (h) com circulação de ar forçada, utilizando-se duas repetições para cada lote, contendo  $4,5 \pm 0,5$  g de sementes em cada repetição, conforme descrito nas RAS (BRASIL, 2009).

Os tratamentos foram arranjados em delineamento inteiramente casualizado em esquema trifatorial ( $2 \times 5 \times 3$ ), com quatro repetições (Figura 4.1). O primeiro fator foi representado pela pré-secagem (com pré-secagem e sem pré-secagem), onde as sementes submetidas a pré-secagem foram colocadas a 45 °C em estufa de circulação forçada de ar, por 96 horas (BRASIL, 2009). O segundo fator de análise utilizado foi representado pelo envelhecimento acelerado em estufa de circulação de ar forçado a 42 °C (0, 24, 48, 72 e 96 h), sendo 0 h o tratamento sem utilizar o envelhecimento acelerado. Para este fator, 400 sementes com pré-secagem e sem pré-secagem, foram submetidas ao envelhecimento acelerado, realizado pela adição de 40 mL de água destilada em caixas plásticas do tipo gerbox, de 11 cm  $\times$  11 cm  $\times$  3 cm, com bandeja telada de alumínio. Em seguida, as sementes foram distribuídas formando uma camada uniforme sobre a tela de alumínio, então as caixas foram fechadas e mantidas em estufa na temperatura de 42 °C durante 24, 48, 72 e 96 h. E para o último fator foi utilizado a média de 3 lotes de cada cultivar (IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL).

Figura 4.1 – Descrição do esquema trifatorial, pré-secagem  $\times$  envelhecimento acelerado (EA)  $\times$  cultivar ( $2 \times 5 \times 3$ ) no experimento com arroz (*Oryza sativa* L) para os caracteres condutividade elétrica (CE) a 20 °C e 25 °C e tetrazólio (TZ).



Após os tratamentos, as sementes foram preparadas para o teste de condutividade elétrica, em que de cada amostra dos 10 tratamentos iniciais, foram retiradas oito repetições com 50 sementes, mensurada a massa (em gramas) e embebidas em 75 mL de água destilada e após acondicionadas à temperatura de 20 °C (HAMPTON; TEKRONY, 1995). Também foi realizado o mesmo processo de preparo para condutividade elétrica, porém as sementes foram acondicionadas à temperatura de 25 °C (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). E 24 h após o início do processo foi realizada a leitura do resultado no condutímetro de bancada da marca Bel Engineering, modelo W12D, os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ .

Posteriormente ao preparo dos tratamentos, foi realizado o teste de tetrazólio, conforme descrito nas RAS (BRASIL, 2009), para avaliação da viabilidade e qualidade fisiológica das sementes de arroz. Para as avaliações foram utilizadas sementes inteiras. O teste foi realizado utilizando-se 100 sementes, divididas em quatro sub amostras com 25 sementes de cada lote (4 repetições de 25 sementes). As sementes dos dez tratamentos, nos três lotes de cada cultivar foram submetidas ao pré-umedecimento mediante imersão em 20 mL de água, utilizando para isso copos plásticos com capacidade de 50 mL, e mantidos à temperatura de 20 °C, durante 18 h, em BOD. Decorrido esse período, as sementes foram separadas da água, e em seguida, foi realizado corte longitudinal no centro do embrião, com auxílio de um bisturi, retirando e descartando metade da largura da semente. Após, foram submersas em solução 0,1 % de cloreto 2, 3, 5 trifenil tetrazólio por duas horas em BOD, no escuro e a 35 °C.

Após a coloração, as sementes foram lavadas em água destilada e avaliadas individualmente, observando-se a coloração do embrião. Para avaliação, as sementes foram classificadas em quatro classes de viabilidade (Figura 4.2). A interpretação baseou-se na coloração das estruturas vitais das sementes de arroz (coleóptilo, plúmula, raízes seminais, radícula e escutelo), de acordo com recomendações da ISTA (2003). A coloração dos embriões foi analisada com o auxílio de uma lupa. Conforme sugere CARVALHO (2015), o somatório das classes 1, 2 e 3 representa sementes viáveis. Para avaliação do vigor, foram consideradas a classe 1 e o somatório desta com a classe 2.

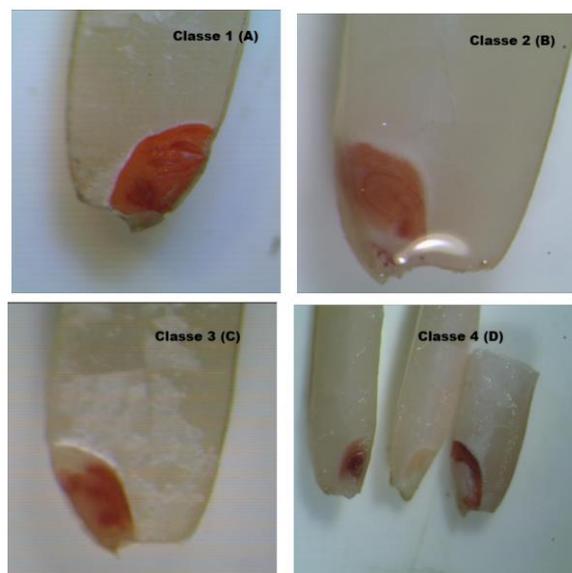
Classe 1 - sementes viáveis de alto vigor: sementes que não apresentaram danos ou apresentaram danos leves, com até 1/3 da radícula não colorida. Sementes que apresentaram embrião completamente colorido ou apresentando pequenas áreas não coloridas, nas extremidades da radícula ou escutelo, sem atingir a região vital.

Classe 2 - sementes viáveis de médio vigor: sementes que apresentaram danos moderados, 1/3 das extremidades do escutelo descoloridas ou 2/3 da radícula não coloridas.

Classe 3 - sementes viáveis de baixo vigor: sementes que apresentaram danos severos, raiz primária não colorida ou 1/3 do escutelo mais 2/3 da raiz primária não colorida, sem comprometer as regiões vitais.

Classe 4 - sementes mortas e inviáveis: sementes que apresentaram danos superiores a 1/3 do escutelo não colorido, raízes seminais e plúmula não coloridas (CARVALHO, 2015).

Figura 4.2 - Sementes de arroz submetidas ao teste de tetrazólio: classe 1 (A); classe 2 (B); classe 3 (C); e classe 4 (D).



Fonte: Adaptado de Carvalho (2015).

Os resultados foram analisados por meio de comparação de médias pelo teste de Scott Knott, análise de regressão a 5 % de probabilidade de erro, com o auxílio do software estatístico Sisvar e Microsoft Excel<sup>®</sup>.

Após realizar a análise de variância para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25) (Apêndice 7.11) optou-se por seguir a análise através das fontes de variação pré-secagem (PS) × envelhecimento acelerado (EA) × cultivar (C), por apresentar significância de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F para CE 20 e CE 25. Após, foi realizado as análises de variância para o desdobramento de pré-secagem dentro de cada nível de envelhecimento acelerado e cultivar (PS (EA × C)) (Apêndice 7.12), para

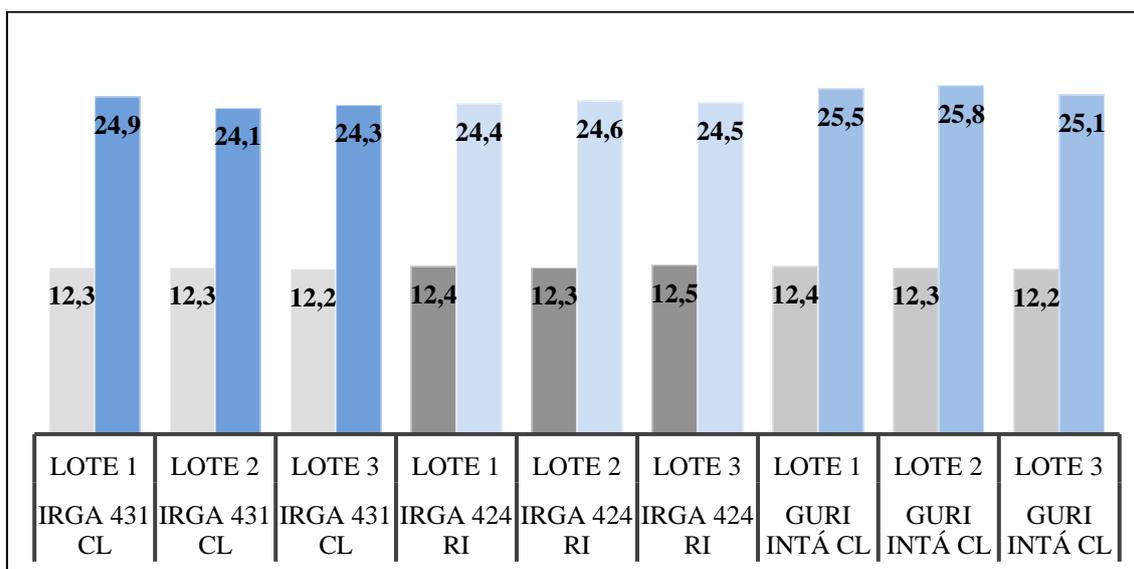
o desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem e cultivar (EA (PS × C)) (Apêndice 7.13) e para o desdobramento de cultivar dentro de cada nível de pré-secagem e envelhecimento acelerado (C (PS × EA)) (Apêndice 7.14). Em sequência ao avaliar a significância de cada caractere a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F nos desdobramentos, foi realizado o teste de média Scott Knott para PS (EA × C) e para C (PS × EA), apresentados na Figura 4.4 e Apêndice 7.15 e, para o desdobramento PS (EA × C) foi realizada análise de regressão, apresentado na Tabela 4.1 e Figura 4.5.

Após realizar a análise de variância para as classes (classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4) do teste de tetrazólio (Apêndice 7.16) optou-se por seguir a análise através das fontes de variação envelhecimento acelerado (EA) por apresentar significância de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F para classe 1, classe 3 e classe 4; cultivar (C) por apresentar significância de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F para classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4; e pré-secagem (PS) × envelhecimento acelerado (PS × EA), por apresentar significância de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F para classe 1 e classe 4. Para os caracteres que não foi significativo não foi seguida a análises. Após, foi realizado as análises de variância para o desdobramento de pré-secagem dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (PS (EA)) (Apêndice 7.17) e para o desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem (EA (PS)) (Apêndice 7.18). Em sequência ao avaliar a significância de cada caractere a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F nos desdobramentos, para o desdobramento EA (PS) foi realizada análise de regressão (Tabela 4.2 e Figura 4.6) e teste de médias Scott Knott para PS (EA) (Figura 4.8). Para C foi realizado o teste de média Scott Knott (Figura 4.7). E para EA foi realizado o teste de regressão (Tabela 4.3 e Figura 4.9). Também foi realizado a soma de sementes viáveis (VV TZ), somatório das classes 1, 2 e 3; e soma de sementes vigorosas (VG TZ), somatório das classes 1 e 2 (Figura 4.7 e Figura 4.8).

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Há confiabilidade para realização dos testes do presente estudo, pois o teor de água das sementes variou de 12,2 % a 12,5 % no momento da instalação dos testes (Figura 4.3). E, segundo Marcos Filho (2015) o limite de diferença entre os lotes deve ser de no máximo 2 %, fator importante para determinação e confiabilidade dos demais. De acordo com as Regras para Análise de Sementes, a amplitude de tolerância máxima é de 0,5 a 0,9 % para as diferenças entre amostras de sementes de espécies palhentas, como arroz, trigo e milho (BRASIL, 2009), demonstrando ainda mais confiabilidade nos resultados, pois houve uma variação de 0,3 % no teor de água dos lotes de sementes de arroz. Para o peso de mil sementes observou-se uniformidade entre os pesos quando comparados os lotes entre cada cultivar separadamente.

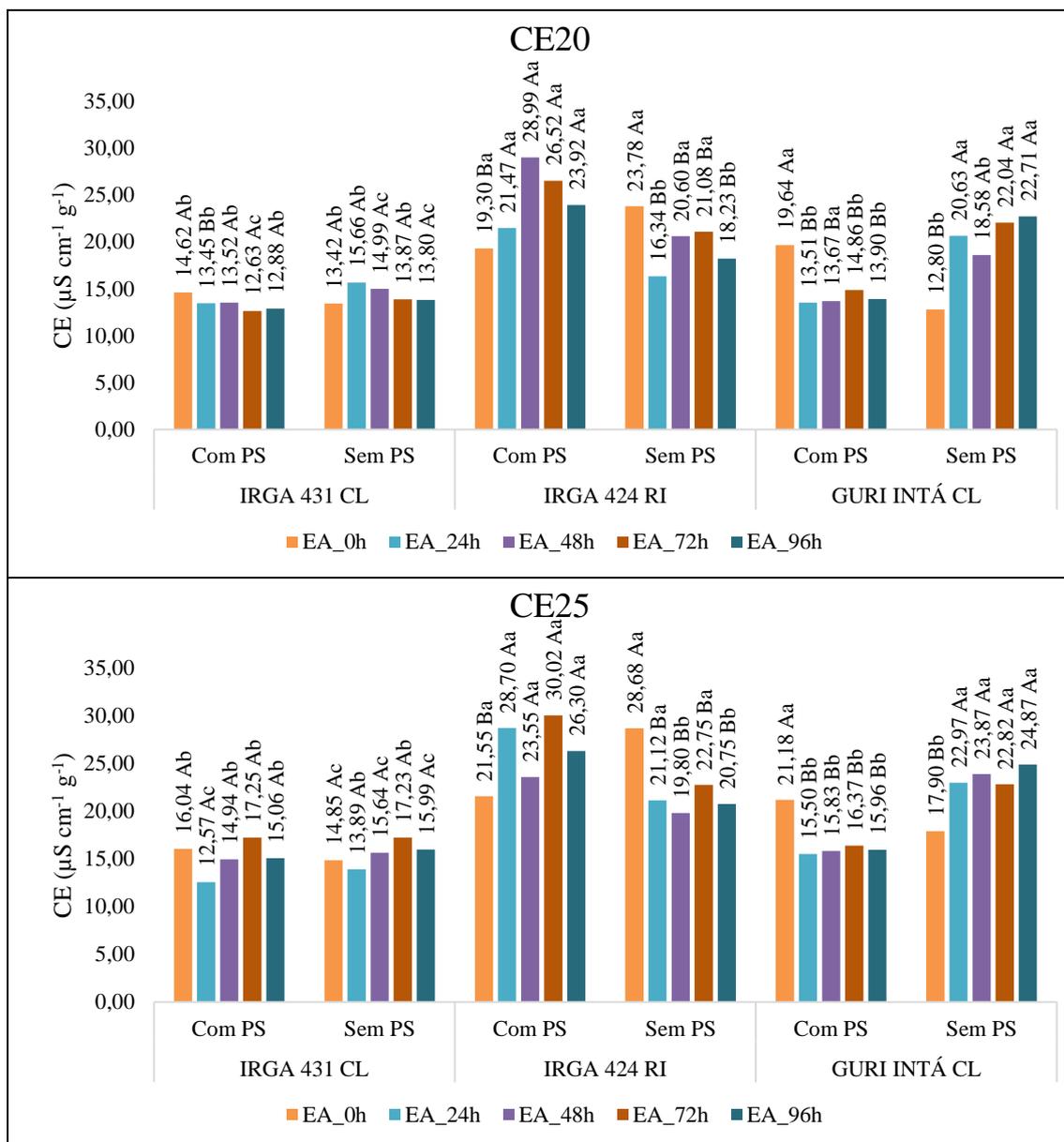
Figura 4.3 - Teor de água\* (%) (barras do gráfico em tom cinza) e peso de mil sementes\* (g) (barras do gráfico em tom azul) de três lotes de arroz (*Oryza sativa* L.) das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.



\* Dados não submetidos a análise estatística.

Teores de água das sementes muito baixos elevam os valores de condutividade elétrica, já valores mais altos reduzem a saída de eletrólitos, diminuindo os valores de condutividade elétrica (BARBOSA et al., 2012; MARCOS FILHO, 2015) para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes.

Figura 4.4 – Desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e pré-secagem (PS) (C (EA x PS)) e do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) (PS (EA x C)) para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.



PS (EA x C) – Médias com letras (maiúsculas) distintas entre mesmos períodos (cores iguais), na mesma cultivar, comparadas entre tratamentos com e sem pré-secagem diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro.

C (PS x EA) – Médias com letras (minúsculas) distintas entre cultivares, comparadas entre distintos tratamentos com e sem pré-secagem, no mesmo envelhecimento acelerado (cores iguais) diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro.

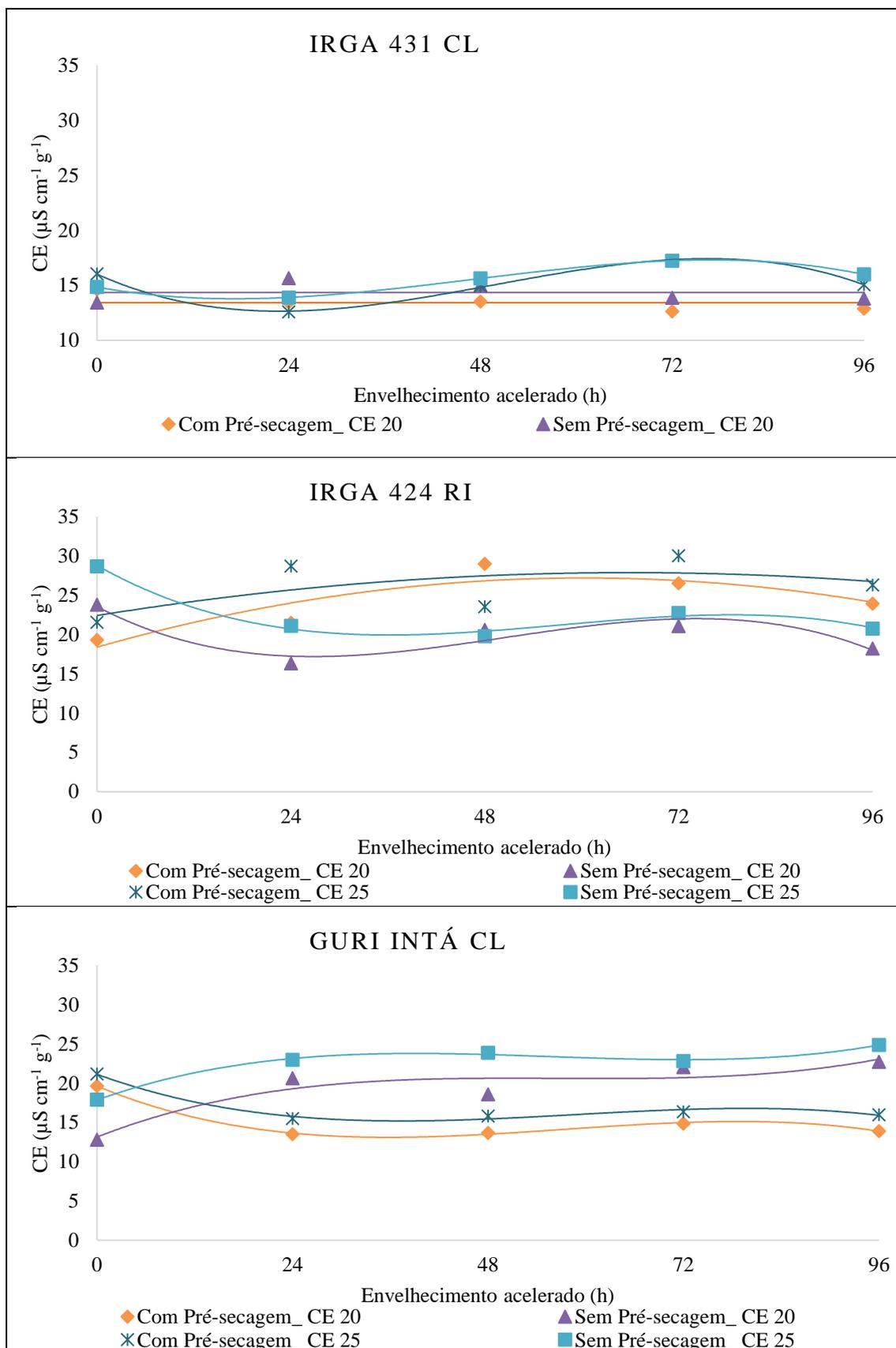
Tabela 4.1 – Equações, coeficiente de determinação ( $R^2$ , em %) e ponto máximo ( $x_1$ , em h e  $y_1$ , em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) e ponto mínimo ( $x_2$ , em h e  $y_2$ , em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

	Equação	$R^2$	PM		Pm	
			$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$
IRGA 431 CL						
CE20						
Com PS	$y=13,42$	ns <sup>(1)</sup>	$x$ <sup>(2)</sup>	13,42	-	-
Sem PS	$y=14,35$	ns	$x$	14,35	-	-
CE25						
Com PS	$y=-0,00006x^3+0,0093x^2-0,3266x+16,015$	99,73	80,91	18,69	22,43	12,69
Sem PS	$y=-0,00003x^3+0,0047x^2-0,1331x+14,846$	99,99	87,55	19,09	16,89	13,79
IRGA 424 RI						
CE20						
Com PS	$y=-0,0024x^2+0,292x+18,394$	79,81	60,83	27,28	-	-
Sem PS	$y=-0,00009x^3+0,0137x^2-0,5401x+23,556$	88,78	74,70	22,14	26,78	17,19
CE25						
Com PS	$y=-0,0013x^2+0,1658x+22,41$	38,62	63,77	27,70	-	-
Sem PS	$y=-0,00007x^3+0,0116x^2-0,5768x+28,781$	98,50	72,69	21,26	37,79	19,77
GURI INTÁ CL						
CE20						
Com PS	$y=-0,00005x^3+0,0087x^2-0,4296x+19,612$	99,77	80,36	15,32	35,64	13,09
Sem PS	$y=0,00004x^3-0,0072x^2+0,4049x+13,139$	87,44	75,03	19,88	44,97	20,42
CE25						
Com PS	$y=-0,00004x^3+0,0074x^2-0,3762x+21,113$	98,65	87,51	18,05	35,83	15,29
Sem PS	$y=0,00004x^3-0,0073x^2+0,37x+17,856$	99,61	85,68	21,13	35,99	23,58

<sup>(1)</sup> ns Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

<sup>(2)</sup> x: a equação apresentou apenas valor médio de y, por ser ns.

Figura 4.5 – Gráficos do desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.



Ao analisar as médias da condutividade elétrica (Figura 4.4) da cultivar IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, nas temperaturas de 20 °C e 25 °C, nos tratamentos com e sem pré-secagem e nos períodos de envelhecimento acelerado, a liberação de solutos foi variável para cada tratamento, e ainda variável para cada cultivar. O teste de condutividade elétrica está diretamente relacionado ao processo de deterioração e a integridade do sistema de membranas celulares da semente. As sementes, liberam lixiviados de seu interior para o meio líquido quando imersas em água durante o processo de embebição, a intensidade de lixiviados liberada é proporcional à desorganização das membranas celulares (VIEIRA et al., 2002).

Para cultivar IRGA 431 CL a comparação de média de condutividade elétrica foi semelhante, com exceção para temperatura de 20 °C, em 24 h de envelhecimento acelerado, em que o uso de pré-secagem apresentou valores mais elevados de CE indicando menor integridade da membrana da semente neste caso (Figura 4.4). A cultivar IRGA 424 RI apresentou resultados semelhantes na comparação de média de condutividade elétrica entre as duas temperaturas de análise, com exceção para 0 h de envelhecimento acelerado, em que o uso de pré-secagem apresentou valores mais elevados de CE indicando menor integridade da membrana da semente neste caso. Para cultivar Guri INTÁ CL também ocorreu resultados semelhantes na comparação de média de condutividade elétrica entre as duas temperaturas de análise, com exceção para 0 h de envelhecimento acelerado, em que tratamentos sem pré-secagem apresentou valores mais elevados de CE indicando menor integridade da membrana da semente neste caso. Ainda pode se analisar que há diferença entre cultivares em todos os períodos de envelhecimento acelerado analisados. É recomendado validação de testes de vigor para cada cultivar de arroz presente no mercado, devido ao efeito genético observado em cada cultivar do estudo, assim como evidenciado por Vergara et al. (2019).

No teste de condutividade elétrica em alguns casos este pode estar atribuído à influência do genótipo, associada às características do tegumento, o que ocasiona a liberação de lixiviados mais ou menos acentuadas (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001). Em trabalhos conduzidos com sementes de arroz (GONZALEZ, 1998), girassol (ALBUQUERQUE et al., 2001) e cebola (RODO, 2002) constatou-se que sementes de diferentes genótipos, dessas espécies, apresentaram diferentes valores de condutividade elétrica, mesmo essas diferenças não sendo constatadas pela germinação e vigor avaliados por outros testes.

Souza et al. (2005), estudando o teste de condutividade elétrica, conseguiram indicar apenas as cultivares que apresentaram alta e baixa porcentagem de germinação, pois apresentaram os menores e maiores valores, respectivamente. Para os lotes ou cultivares que apresentaram porcentagem de germinação próxima, não foi possível diferenciá-los através desse teste.

Em sementes de arroz, a lema e a pálea, além de não permitirem a observação da integridade das sementes, podem influenciar na absorção de água e liberação de lixiviados, interferindo nos resultados (PASQUALLI, 2005; WRASSE et al., 2009). Assim, a diferença nos resultados pode ser justificada pela dificuldade de execução do teste em sementes com coberturas protetoras.

Pode ser evidenciado ainda que na temperatura de 20 °C houve menores valores de condutividade elétrica quando comparado a 25 °C. Esse aumento da condutividade elétrica é proveniente de algumas alterações nas propriedades da água, que ocorrem devido ao acréscimo da temperatura de embebição das sementes. A elevação da temperatura altera a viscosidade da água, o que eleva os valores de condutividade, pois aumenta a energia de ativação das moléculas, acelerando a liberação e aumentando a quantidade de eletrólitos lixiviados. Apesar de provocar o aumento do valor da CE, a temperatura não influencia a qualidade do lote analisado e não altera a sua classificação em relação à qualidade fisiológica.

Trabalhos com sementes de arroz foram conduzidos (MENEZES et al., 1994; LIMA, 1997; CAMPOS, 1998), porém sem a utilização de metodologia específica para a espécie. E, ainda Gonzalez (1998) observou que para sementes de arroz com alta germinação o teste de condutividade elétrica foi eficiente para avaliar a qualidade fisiológica de sementes, no entanto encontrou diferenças entre cultivares, presença ou não de casca e período de imersão, tornando-se necessário aferir a metodologia de condução do teste sempre que se utilize uma nova cultivar.

Ao analisar a Tabela 4.1 e Figura 4.5 observa-se que para cultivar IRGA 431 CL é necessário maior período de envelhecimento acelerado do que para as demais cultivares, a fim de se obter os pontos máximos de CE. Porém, para valores mais elevados de CE de valores mais elevados se tem menor integridade da membrana demonstrando sementes com menor vigor, deve-se observar nesse caso os pontos mínimos a fim de ter resultados com sementes de maior integridade da membrana celular. Assim, para cultivar IRGA 431 CL o uso de condutividade elétrica a 25 °C é indicado, em que para sementes com tratamento de pré-secagem 22,43 h de EA deve ser utilizado e em sementes sem pré-

secagem 16,89 h de EA deve ser utilizado. Nas cultivares IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL tanto 20 °C quanto 25 °C de CE são indicados. Sendo que para cultivar IRGA 424 RI o uso de até 37,79 h de envelhecimento acelerado apresenta uma menor lixiviação de solutos. E para cultivar Guri INTÁ CL tanto em 20 °C quanto em 25 °C de CE em tratamentos com pré-secagem o período de envelhecimento acelerado é menor do que quando comparado com sementes sem pré-secagem, em que os resultados obtidos foram que em sementes com pré-secagem 35,64 h de EA (CE 20 °C) e 35,83 h de EA (CE 25 °C), e em sementes sem pré-secagem pode-se usar 75,03 h de EA (CE 20 °C) e 85,68 h de EA (CE 25 °C).

Tabela 4.2 – Equações e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do envelhecimento acelerado (EA, em horas) para classes do teste de tetrazólio (%) (Classe1, Classe 3, Classe 4) em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

	Equação	R <sup>2</sup>
Classe 1	$y = -0,0718x + 60,139$	73,13
Classe 3	$y = -0,0596x + 14,25$	83,80
Classe 4	$y = 0,1175x + 15,917$	85,06

Figura 4.6 - Gráfico do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA, em h) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) das classes do teste de tetrazólio (TZ, em %) (Classe1, Classe 3 e Classe 4) em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

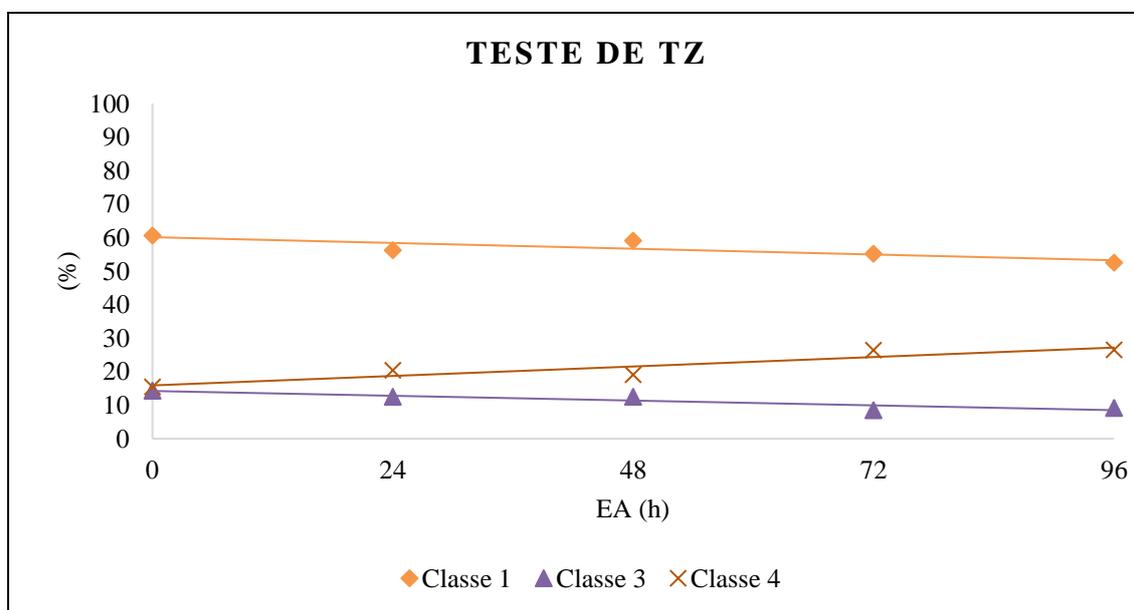
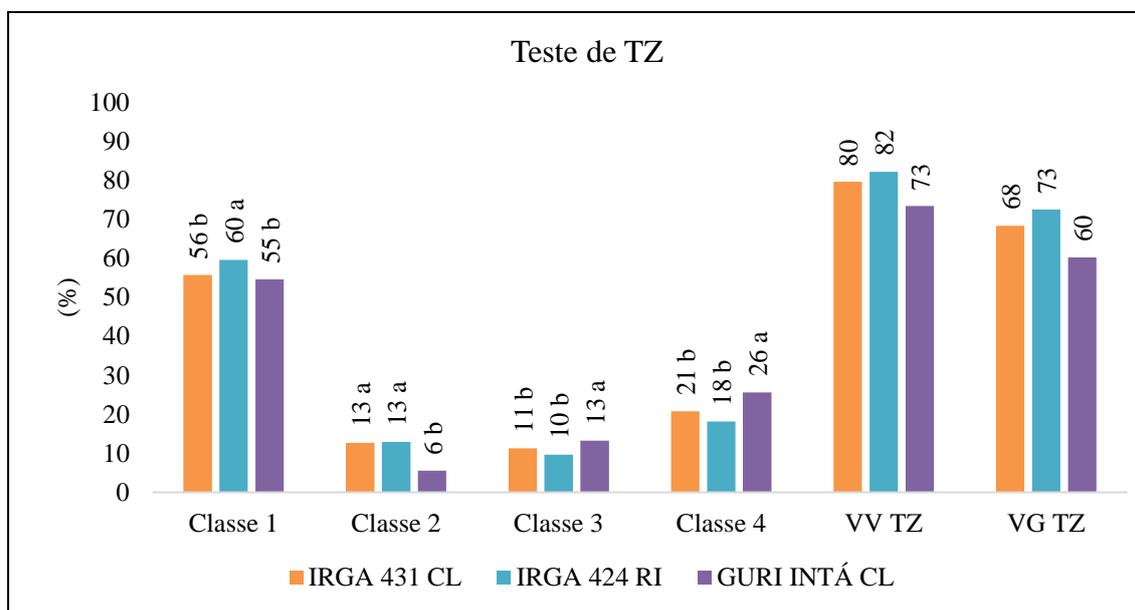
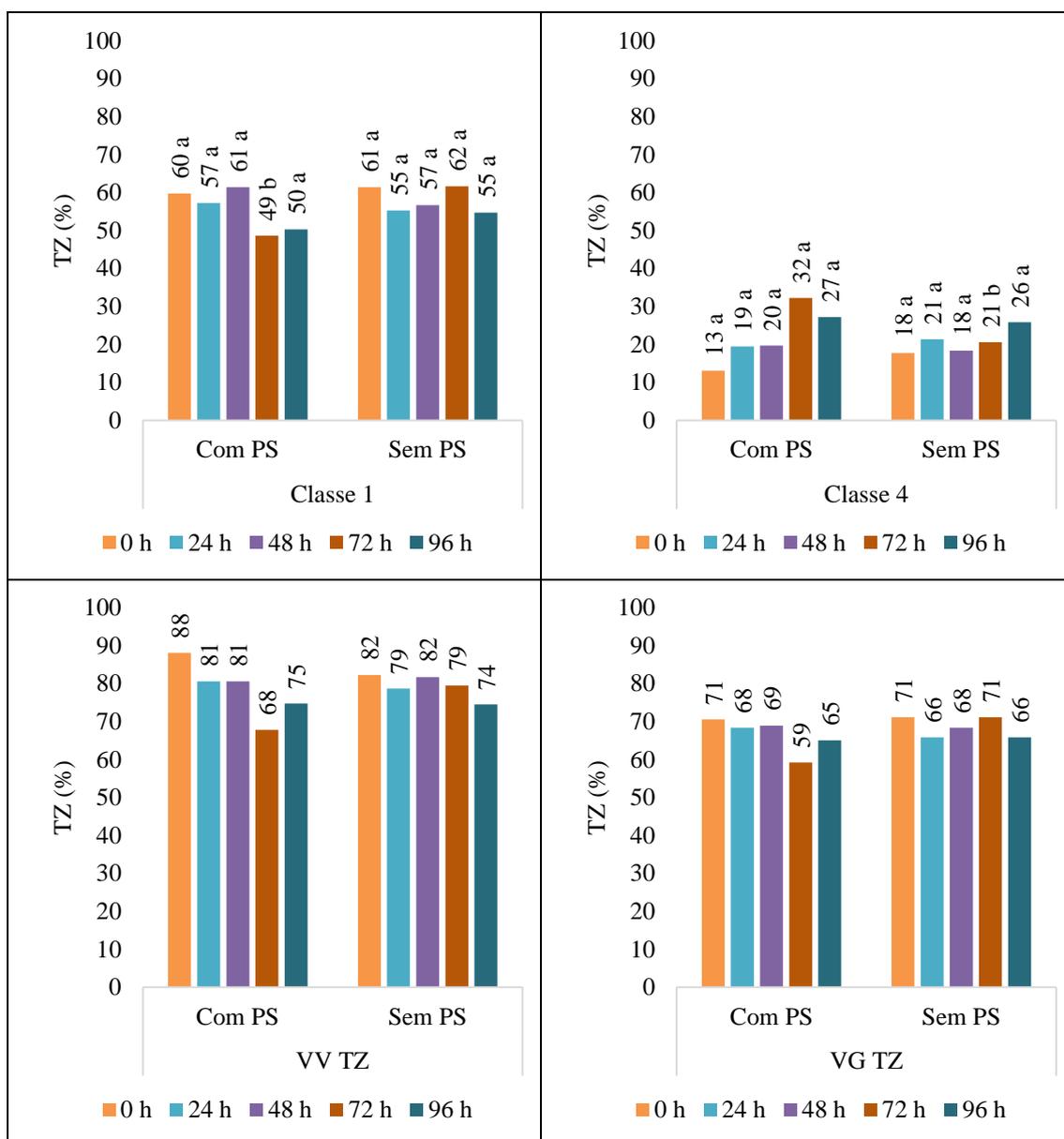


Figura 4.7 – Médias das cultivares para as classes do teste de tetrazólio (%) (Classe1, Classe 2, Classe 3, Classe 4) e soma de sementes viáveis (VV TZ) e sementes vigorosas (VG TZ) em arroz (*Oryza sativa* L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.



Médias de cada classe seguidas por letras (minúsculas) distintas (cores diferentes), diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro.

Figura 4.8 – Médias do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) das classes do teste de tetrazólio (TZ, %), para Classe 1 e Classe 4 e soma de sementes viáveis (VV TZ) e sementes vigorosas (VG TZ) em arroz (*Oryza sativa* L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

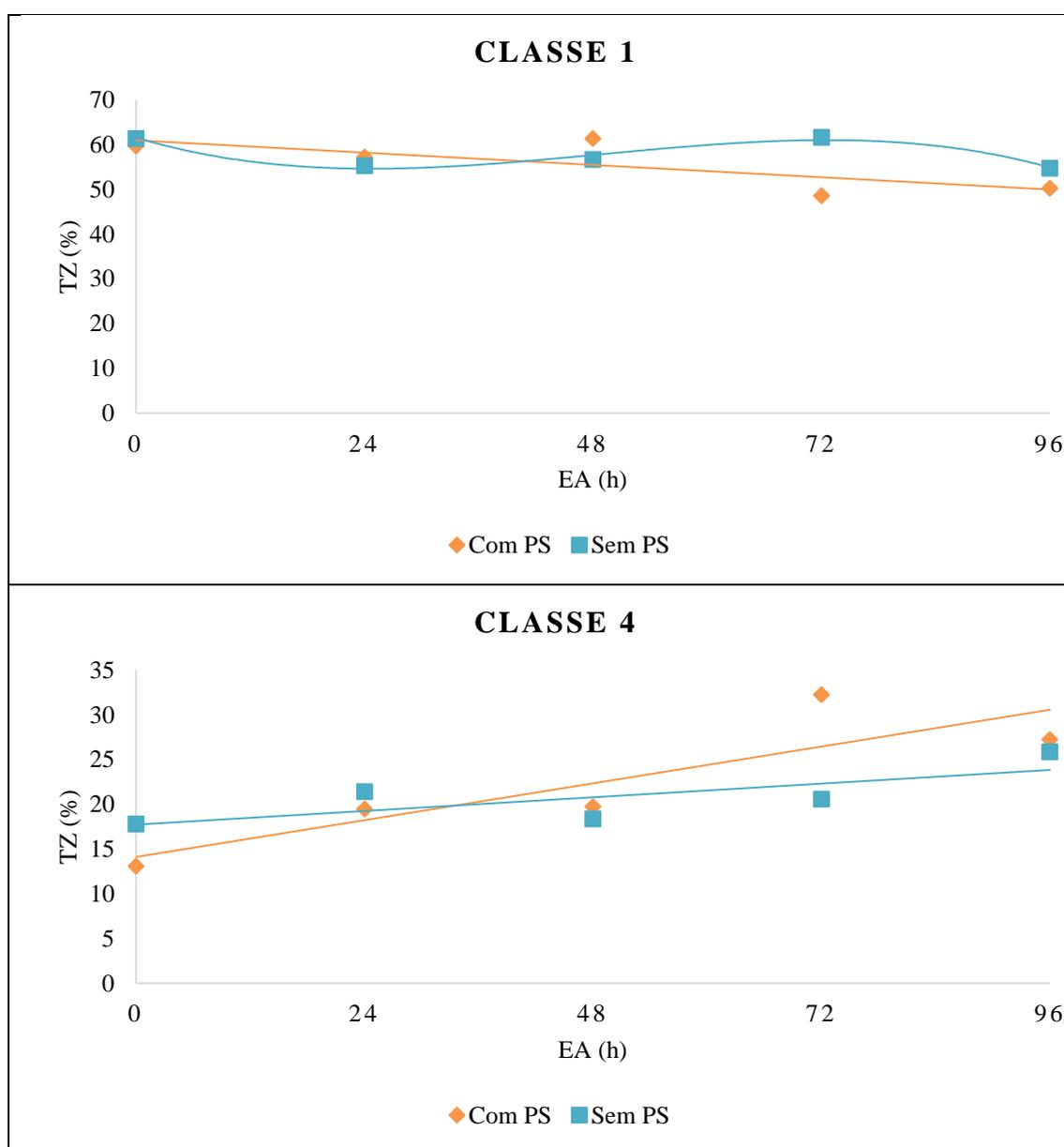


Médias com letras (minúsculas) distintas entre pré-secagem, comparadas entre mesmo envelhecimento acelerado (cores iguais) diferem pelo teste de Scott Knott, a 5 % de probabilidade de erro.

Tabela 4.3 – Equações e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA, em h) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) das classes do teste de tetrazólio (%) (Classe 1 e Classe 4) em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

	Equação	$R^2$
Classe 1		
Com PS	$y = -0,1146x + 60,945$	58,09
Sem PS	$y = -0,0001x^3 + 0,0171x^2 - 0,6327x + 61,556$	95,66
Classe 4		
Com PS	$y = 0,1713x + 14,112$	75,81
Sem PS	$y = 0,0637x + 17,722$	57,00

Figura 4.9 – Gráficos do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA, em h) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) das classes do teste de tetrazólio (%) (Classe 1, Classe 4) em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.



Ao analisar o envelhecimento acelerado através de regressão (Tabela 4.2 e Figura 4.6) nas classes 1, 3 e 4, observou-se que à medida que aumenta as horas de envelhecimento acelerado diminui as sementes viáveis de alto vigor (classe 1) e as sementes viáveis de baixo vigor (classe 3) e que à medida que aumenta as horas de envelhecimento acelerado aumenta o número de sementes mortas ou inviáveis (classe 4). Como o teste de envelhecimento acelerado assemelha-se a sementes armazenadas, significa que quanto mais velhas as sementes teremos sementes com menor vigor, fato que é visto na prática com sementes armazenadas após longo período.

Ao comparar as médias das cultivares (Figura 4.7), a cultivar IRGA 431 CL apresenta maior porcentagem (60 %) de sementes viáveis de alto vigor quando comparada com as demais cultivares. Já em sementes de médio vigor, as cultivares IRGA 431 CL e IRGA 424 RI são as que apresentam maior porcentagem (13 %) de sementes viáveis de médio vigor. E a cultivar Guri INTÁ CL é a que apresenta maior porcentagem de sementes viáveis de baixo vigor (13 %) e sementes mortas e inviáveis (26 %). As cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, apresentam 80 %, 82 % e 73 % de sementes viáveis e 68 %, 73 % e 60 % de sementes vigorosas, respectivamente. A utilização de sementes de boa qualidade, principalmente com alto vigor, favorece o estabelecimento rápido e uniforme de plantas (MATHIAS et al., 2020; ABATI et al., 2017).

Na análise do desdobramento de pré-secagem dentro de cada nível de envelhecimento acelerado pode ser seguido com o teste de média Scott Knott (Figura 4.8) na classe 1 e classe 4. Porém, também foi apresentado o valor médio da classe 2 e classe 3 (Apêndice 7.19), a fim de calcular o total se sementes viáveis e de sementes vigorosas. Para este desdobramento apenas o 72 h de envelhecimento acelerado foi significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F, havendo assim distinção entre tratamentos com e sem pré-secagem, em que na classe 1 o tratamento sem pré-secagem apresentou maior porcentagem de sementes viáveis de alto vigor (62 %) e na classe 4 o tratamento com pré-secagem apresentou maior porcentagem de sementes mortas e inviáveis (32 %). Podendo se dizer que no uso de 72 h de envelhecimento acelerado, utilizando pré-secagem diminui a porcentagem de sementes viáveis de alto vigor, ocasionando em maior porcentagem de sementes mortas ou inviáveis. No estudo de Vergara et al. (2019) o uso de 72 h de envelhecimento acelerado para a cultivar Guri INTÁ CL foi o período que apresentou melhor sensibilidade para distinção de níveis de vigor em sementes de arroz quando

comparado com a emergência a campo, tendo sido indicado em seu estudo para avaliar vigor.

Através da Figura 4.8 pode se observar que a soma das classes 1, 2 e 3, consideradas sementes viáveis, não utilizar o envelhecimento acelerado nos tratamentos com e sem pré-secagem aumenta a porcentagem de sementes viáveis. Também, que o uso de pré-secagem acarreta maior amplitude entre os períodos de envelhecimento acelerado (20 %) quando comparado com tratamentos sem pré-secagem (8 %). Esses dados demonstram que o uso de envelhecimento acelerado pode ser utilizado em análises laboratoriais por apresenta resultados que remetem a condições reais de armazenagem de sementes por longos períodos. Segundo Garcia e Coelho (2021) a dormência das sementes de arroz na época da semeadura geralmente não é um problema, no entanto, observaram em seu estudo que as sementes podem levar até 60 dias para superar sua dormência, não coincidindo com a época de semeadura, sendo considerado um empecilho em laboratório de análise de qualidade de sementes, análise que é realizada imediatamente após a colheita, um momento importante para a tomada de decisões sobre o uso do lote. Ao analisar os resultados do somatório das classes 1 e classe 2, temos a porcentagem do vigor das sementes, em que houve pouca variação nos tratamentos com e sem pré-secagem, porém para 72 h de envelhecimento acelerado o uso de pré-secagem diminuiu o vigor das sementes de arroz.

Ao analisar o desdobramento de envelhecimento acelerado dentro de cada nível de pré-secagem (Tabela 4.3 e Figura 4.9) constatou-se que para classe 1 em sementes com pré-secagem o número de sementes viáveis de alto vigor diminui conforme aumenta as horas de envelhecimento acelerado e para sementes sem pré-secagem ocorre menor porcentagem de sementes viáveis de alto vigor as 23,24 h e maior porcentagem as 90,76 h de envelhecimento acelerado. Já, para classe 4 conforme aumenta as horas de envelhecimento acelerado aumenta a porcentagem de sementes mortas ou inviáveis tanto em sementes com pré-secagem como em sementes sem pré-secagem.

De maneira geral, o teste de tetrazólio permite a estimativa rápida do vigor e da viabilidade das sementes, conforme constatado por Carvalho et al. (2017) e Ascoli e Silva (2021), além de permitir a identificação das estruturas essenciais das sementes (ELIAS, 2012; FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2019). Em que através das estruturas das sementes possibilita também estimar a viabilidade das sementes dormentes e não dormentes, o que permite verificar se as sementes estão mortas ou apenas dormentes (CARVALHO et al. 2017), pois em sementes como arroz, que apresentam dormência

(STINGHEN, 2015), podem resultar em estimativas inconsistentes em testes de germinação.

#### 4.4 CONCLUSÕES

Para cultivar IRGA 431 CL os melhores resultados foram obtidos com o uso de condutividade elétrica a 25 °C, em sementes com pré-secagem por 22,43 h de envelhecimento acelerado e em sementes sem pré-secagem por 16,89 h de envelhecimento acelerado.

Para cultivar IRGA 424 RI o uso de até 37,79 h de envelhecimento acelerado proporciona melhor resultados. E para cultivar Guri INTÁ CL pode-se usar em sementes com pré-secagem 35,64 h de envelhecimento acelerado (CE 20 °C) e 35,83 h de envelhecimento acelerado (CE 25 °C), e em sementes sem pré-secagem pode-se usar 75,03 h de envelhecimento acelerado (CE 20 °C) e 85,68 h de envelhecimento acelerado (CE 25 °C).

Através do teste de tetrazólio pode-se avaliar a viabilidade e vigor das sementes das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL. Em que à medida que aumenta as horas de envelhecimento acelerado diminui as sementes viáveis de alto vigor.

## 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABATI, J., BRZEZINSKI, C., ZUCARELI, C., WERNER, F., HENNING, F. Seed vigor and amount of soybean straw on seedling emergence and productive performance of wheat. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 2179-2186, 2017.

ALBUQUERQUE, M.C.F.E.; MORO, F.V.; FAGIOLO, M.; RIBEIRO, M.C. Teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 1-8, 2001.

ASCOLI, C.A.; SILVA, A.C.S. Relação entre condutividade elétrica e desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Nativa**, Sinop, v. 9, n. 2, p. 182-193. 2021.

BARBOSA, R.; SILVA, C.B.; MEDEIROS, M.A.; CENTURION, M.A.P.C.; VIEIRA, R.D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 45-51, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009. 399p.

CAMPOS, V.C. **Metodologia do teste de frio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de arroz irrigado**. 1998. 64 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 1998.

CARVALHO, I.L. **Aperfeiçoamento metodológico do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade de sementes de arroz**. 2015. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2015.

CARVALHO, I.L.; MENEGHELLO, G.E.; TUNES, L.M.; JÁCOME, C. C.; SOARES, V.N. Methodological adjustments to the tetrazolium test in rice seeds. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 1, p. 41-49, 2017.

CUSTÓDIO, C.C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2005.

DELOUCHE, J. C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente**. Trad. de Flávio Rocha. Brasília, AGIPLAN, 1976. 103 p.

ELIAS, S.G; COPELAND, L.O; McDONALD, M.B; BAALBAKI, R.Z. **Seed testing: principles and practices**, Michigan, 2012. 364p

FRANÇA NETO, J.B. Testes de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPS, 1998. 72 p.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p. 359-366, 2019.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. Diacom: 35 anos de capacitação nos testes de tetrazólio e Patologia de sementes de soja. **Revista Seed News**, v. 19, n. 5, 2015.

GARCIA, J.; COELHO, C.M.M. Physiological quality and dormancy of rice seeds during storage. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 52, n. 4, e20207632, 2021.

GONZALEZ, A.M.A. **Teste de condutividade elétrica em sementes de arroz**. 1998. 34 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 1998.

HAMPTON, J.G.; COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance, can vigor testing provide an answer. **See Science and Technology**, Zurich, v. 18, n. 2, p. 215-228, 1990.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1995.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. In: **ISTA Working Sheets on Tetrazolium Testing**. Bassersdorf: ISTA, v. 1, 2003. 171p.

LIMA, D. de. **Influência de altas temperaturas de secagem em sementes de arroz**. 1997. 61 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 1997.

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

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230 p.

MATHIAS, V., COELHO, C.M.M., ARALDI, C.G., NERLING, D., BORBA, P.T.D. DE, UARROTA, V.G. Characterization of the physiological quality of soybean seeds produced in Santa Catarina State. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 49-60, 2020.

MENEZES, N. L. De et al. Comparação entre métodos para avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 16, n. 2, p. 121-127, 1994.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential tomato seeds. **Seed Science and Technology**, Kentucky, v. 23, n. 2, p. 151-161, 2001.

PASQUALLI, L.L. **Qualidade de sementes de arroz irrigado submetidas a diferentes temperaturas na secagem estacionária**. 2005. 37f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

RODO, A.B. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola e sua relação com o desempenho das plântulas em campo**. 2002. 123 f. Tese (Doutorado em

Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

STINGHEN, J.C. **Caracterização de cultivares de arroz irrigado quanto a dormência e tolerância ao frio na germinação**. 2015. 135f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

SOUZA, L.C.D., CARVALHO, M.A.C.; BRAGA, L.F., SOUSA, M.P. Nota Técnica: Qualidade fisiológica de sementes de arroz da região de Matupá-MT. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 3, p. 110-116, 2005

TUNES, L.M; BADINELLI, P.G; OLIVO, F.; BARROS, A.C.S.A. Tratamentos para superação da dormência em sementes de cevada. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 1, p. 15- 21, 2009.

VERGARA, R.; NADAL, A. P.; NETO, A. G.; ZANONI, S. S.; GADOTTI, G. I. VIGOR DE LOTES DE SEMENTES DE ARROZ: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 6, n.1, p. 38-44, 2019.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.E FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, ABRATES, 1999. 218p

VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.

WRASSE, C.F.; MENEZES, N.L; MARCHESAN, E.; VILLELA, F.A.; BORTOLOTTI, R.P. Testes de vigor para sementes de arroz e sua relação com o comportamento de hidratação de sementes e a emergência de plântulas. **Revista Científica**, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 107-114, 2009.

## 5 ARTIGO 3 – AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PERÍODOS E TEMPERATURAS NA PRÉ-SECAGEM DE SEMENTES PARA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DA CULTIVAR IRGA 431 CL

### RESUMO

As sementes de arroz possuem uma dormência a qual é entendida como uma resistência à germinação pré e pós-colheita. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar períodos e temperaturas na pré-secagem de sementes de arroz (cultivar IRGA 431 CL) para superação da dormência. Foi conduzido um experimento em delineamento inteiramente casualizado no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes, da Universidade Federal de Santa Maria. Foram utilizados três lotes da cultivar IRGA 431 CL. Para o presente estudo foram utilizadas as temperaturas de 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C e 55 °C em estufa de circulação de ar forçado, para superar a dormência das sementes. Em cada temperatura as sementes permaneceram por um período de 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 horas. No experimento foi avaliada a primeira contagem, germinação, comprimento de raiz e de parte aérea de plântulas. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparados por superfície resposta. Para superação de dormência de sementes da cultivar IRGA 431 CL em estufa de circulação de ar forçado, é mais indicado a temperatura de entre 41° e 44 °C por um período de 95 horas.

**Palavras-chaves:** *Oryza sativa* L.. Tempo de exposição. Altas temperaturas. Vigor

## **EVALUATION OF DIFFERENT PERIODS AND TEMPERATURES IN THE PRE-DRYING OF SEEDS TO OVERCOME DORMENCE IN THE CULTIVAR IRGA 431 CL**

### **ABSTRACT**

Rice seeds have a dormancy which is understood as resistance to pre- and post-harvest germination. Thus, the present study aims to evaluate periods and temperatures in the pre-drying of rice seeds (cultivar IRGA 431 CL) to overcome dormancy. An experiment was carried out in a completely randomized design at the Didactic and Research Laboratory in Seeds, at the Federal University of Santa Maria. Three lots of the cultivar IRGA 431 CL were used. For the present study, temperatures of 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C and 55 °C were used in a forced air circulation oven, to overcome seed dormancy. At each temperature the seeds remained for a period of 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 hours. In the experiment, the first count, germination, root and shoot length of seedlings were evaluated. The data obtained were subjected to analysis of variance and compared by response surface. To overcome dormancy in seeds of the IRGA 431 CL cultivar in a forced-air circulation oven, a temperature of between 41° and 44°C for a period of 95 hours is more indicated.

**Key words:** *Oryza sativa* L.. Exposure time. High temperatures. Vigor

## 5.1 INTRODUÇÃO

As sementes da cultura do arroz possuem uma dormência a qual é entendida como uma resistência à germinação pré e pós-colheita (FOLEY; FENNIMORE, 1998). Essa dormência está relacionada aos níveis de maturação das sementes e à sua exposição a um conjunto de condições ambientais estabelecidas entre a fase de maturação e colheita (MENEZES et al., 2009). A dormência das sementes de arroz varia entre cultivares (LIMA et al., 2019) e a intensidade pode variar de acordo com o genótipo e as condições ambientais durante a maturação e armazenamento (MENEZES et al., 2013).

As sementes de arroz têm vantagens ao possuírem dormência nos estádios finais de amadurecimento, pois representa uma barreira à germinação precoce da semente madura ou quase madura, quando ainda se encontra na planta mãe (BRYANT, 1989). Porém, este fator pode ser considerado um problema quando mantido após a colheita, por períodos superiores ao da entressafra, fator que resultará em baixo percentual de germinação, com consequente desuniformidade de estande inicial de plantas, gerando prejuízos não somente para os produtores, mas também para as empresas que comercializam essas sementes.

A pré-secagem tem sido amplamente utilizada nas análises de sementes para a superação de dormência de sementes de arroz. Esse método expõe as sementes à alta temperatura por um longo período. Para superação da dormência em sementes de arroz as Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009) indicam pré-secagem de 40° a 50 °C, por 96 horas, em estufa com circulação de ar. Pré-secagem com temperaturas elevadas para superação de dormência tem sido recomendada por vários autores para cultura do arroz. Como a pré-secagem de 49 °C por 96 horas (AMARAL; GONÇALO, 1977), 40 °C por 168 horas, 40 °C por 5 dias (FRANCO et al., 1997) e 42 °C por cinco dias (MENEZES, 1997). O tratamento de pré-secagem segundo Guimarães, Tillmann e Villela (2000), necessita ser realizado no período de 3 a 7 dias com uma temperatura de 50 °C.

Dessa forma, pode haver comportamento diferenciado para cada cultivar de arroz utilizada nessa faixa de temperatura proposta pelas RAS. E ainda, o aquecimento excessivo durante a secagem pode provocar danos às sementes, como redução na percentagem de germinação, ou até mesmo reduzir seu potencial de desenvolvimento inicial.

Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar períodos e temperaturas na pré-secagem de sementes de arroz (cultivar IRGA 431 CL) para superação da dormência.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado no Laboratório Didático e de Pesquisa em Sementes, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria. Foram utilizados três lotes de sementes de arroz da cultivar IRGA 431 CL, colhidas na safra 2019/2020. Os lotes foram armazenados no laboratório por um período de dois meses após as sementes serem colhidas e beneficiadas.

Previamente foram realizadas análises para a caracterização dos lotes de sementes, determinando a qualidade física e fisiológica. O peso de mil sementes foi determinado através de oito repetições de 100 sementes, pesadas em balança de precisão (0,001 g) de acordo com metodologia descrita nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), com resultado expresso em gramas. A determinação do grau de umidade foi pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas com circulação de ar forçada, utilizando-se duas repetições para cada lote, contendo  $4,5 \pm 0,5$  g de sementes em cada repetição, conforme descrito nas RAS (BRASIL, 2009).

Para o presente estudo foram utilizadas distintas temperaturas para superação da dormência. Como 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C e 55 °C em estufa de circulação de ar forçado. Em cada temperatura as sementes permaneceram por um período de 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 h. A organização do experimento foi realizada com a média dos três lotes da cultivar IRGA 431 CL, formando um fatorial de  $5 \times 7$  (cinco temperaturas  $\times$  sete períodos).

A avaliação dos resultados foi realizada através dos seguintes testes:

Teste de germinação: Foi realizado com quatro repetições de 100 sementes em rolos de papel *Germitest* umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso seco do papel (BRASIL, 2009). Os rolos foram colocados em sacos plásticos e, em seguida, em germinador com luz constante à temperatura de 25 °C por 14 dias, momento em que foi realizada a avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

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

Comprimento de raiz e de parte aérea: No quinto dia após a semeadura foram coletadas aleatoriamente dez plântulas do teste de germinação, em que foi medido o comprimento de radícula e da parte aérea, com o auxílio de uma régua milimétrica. O resultado foi expresso em centímetros por plântula, conforme descrito por Nakagawa (1999). Foi realizada a análise de variância, utilizando o software Sisvar e os resultados comparados por superfície resposta software Statistica.

Ao analisar os resultados da análise de variância (Apêndice 7.20) para cada caractere avaliado no estudo optou-se por seguir com a análise do fator de variação temperatura  $\times$  período, pois em todas as variáveis analisadas houve significância a 5 % de probabilidade de erro. E, este fator de variação contempla o que foi proposto no objetivo do presente estudo. A partir desta análise, pode-se ter confiabilidade em realizar as análises de superfície resposta (Tabela 5.1 e Figura 5.1 a Figura 5.4).

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi determinado o teor de água das sementes, a fim de dar confiabilidade na realização dos testes do presente estudo, em que o teor de água no momento da instalação dos testes foi de 12,2 %, 12,3 % e 12,2 %, para os lotes 1, 2 e 3, respectivamente. E, segundo as Regras para Análise de Sementes, a amplitude de tolerância máxima é de 0,5 a 0,9 % para as diferenças entre amostras de sementes de espécies palhentas, como arroz, trigo e milho, demonstrando ainda mais confiabilidade nos resultados, pois houve uma variação de 0,1 % no teor de água das sementes de arroz. Para o peso de mil sementes observou-se uniformidade entre os mesmos quando comparados os lotes, os quais foram de 24,9 g, 24,1 g e 24,3 g para os lotes 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 5.1 – Equações e ponto máximo (x (período, em h) e y(temperatura, em °C)) para os caracteres primeira contagem (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm) e comprimento de parte aérea (CPA, em cm), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), da cultivares IRGA 431 CL, safra 2019/2020.

Equação	Ponto máximo	
	x	y
$PC = -0,0024x^2 + 0,0284y^2 + 0,0145xy - 0,2329x - 3,7182y + 160,8599$	84,25	43,95
$G = -0,0005x^2 - 0,0096y^2 - 0,0003xy + 0,1027x + 0,8189y + 69,983$	90,33	41,24
$CR = -0,000055081x^2 - 0,0091y^2 - 0,0005xy + 0,0403x + 0,8365y - 16,2449$	179,61	41,03
$CPA = -0,000019051x^2 + 0,0001y^2 + 0,000018432xy + 0,0028x - 0,0103y + 1,4859$	94,20	42,82

Figura 5.1– Superfície resposta para primeira contagem (PC, em %), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), da cultivar IRGA 431 CL, safra 2019/2020.

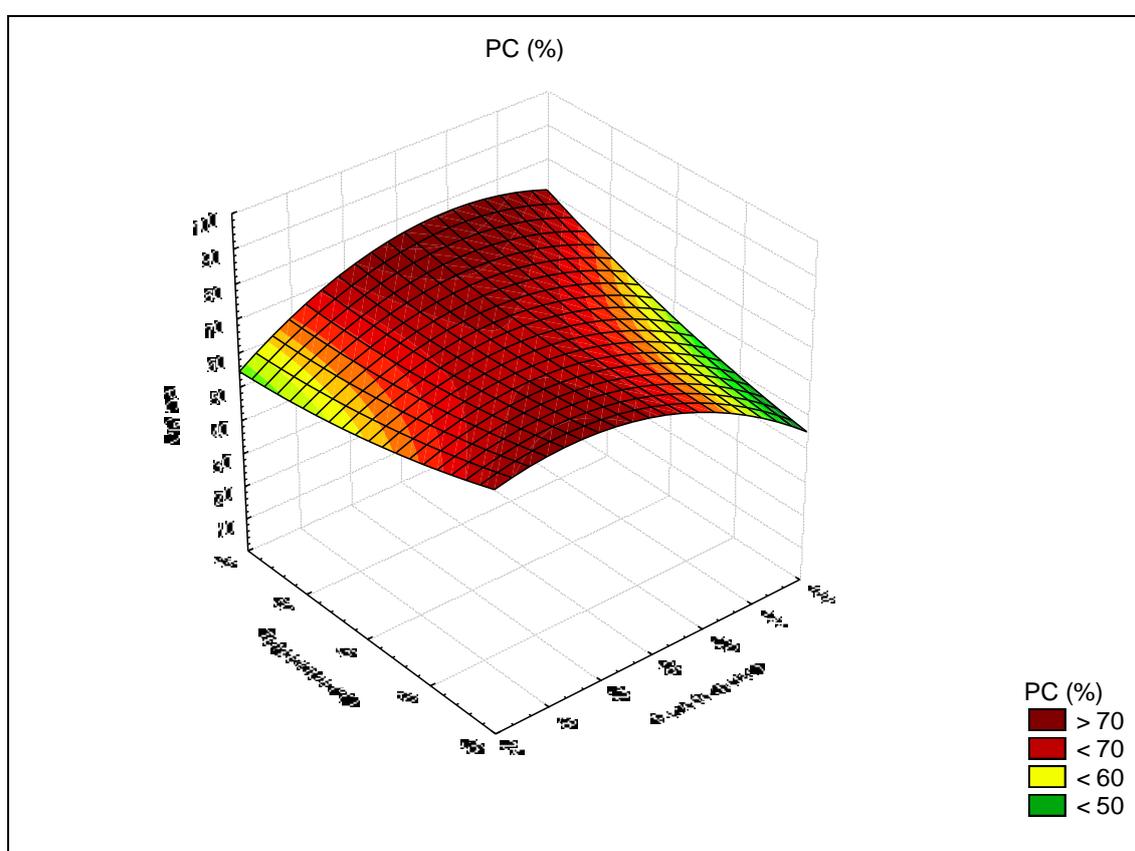


Figura 5.2– Superfície resposta para germinação (G, em %), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), da cultivar IRGA 431 CL, safra 2019/2020.

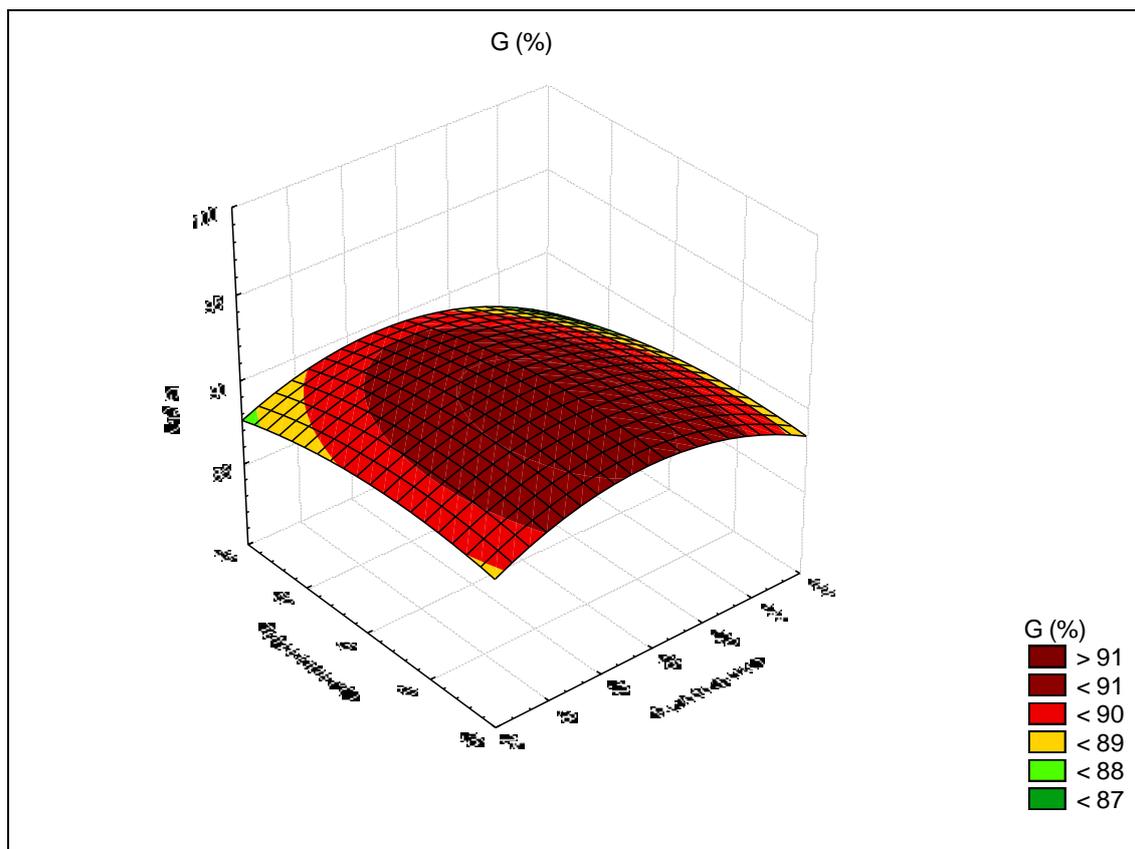
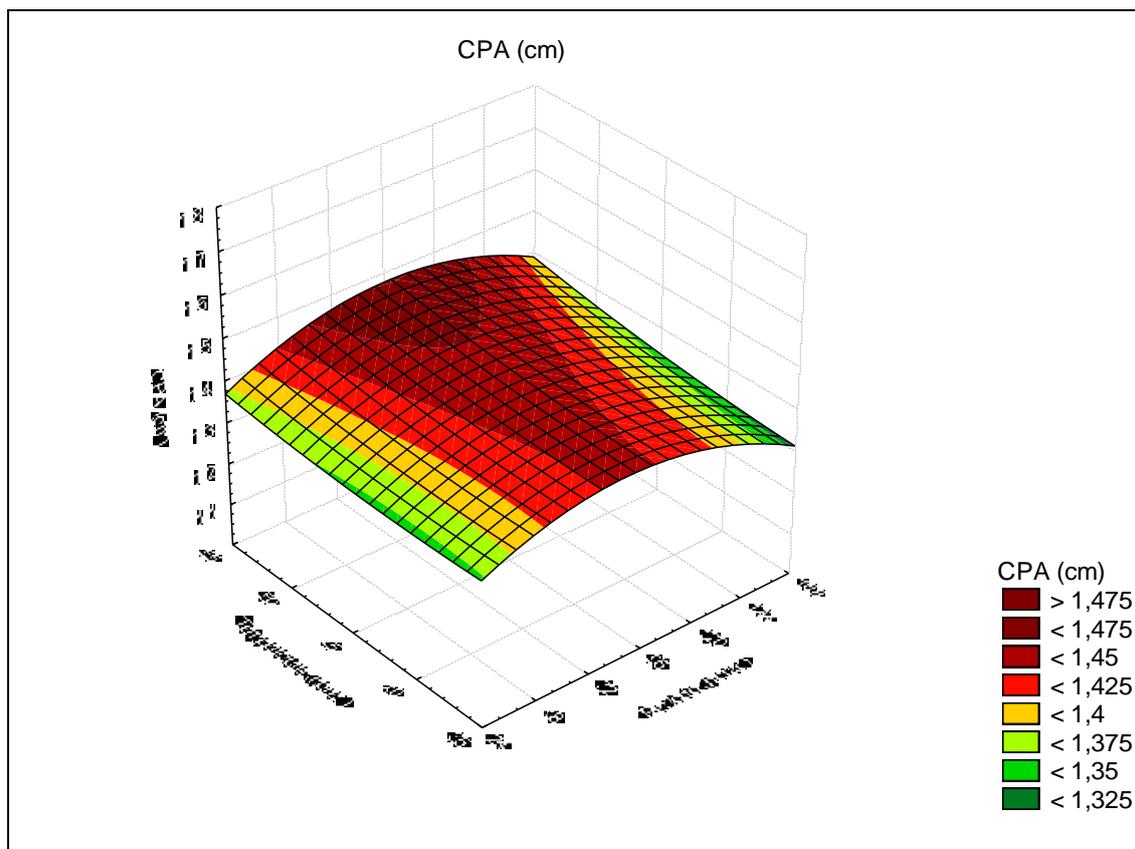




Figura 5.4 – Superfície resposta para comprimento de parte aérea (CPA, em cm), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), da cultivar IRGA 431 CL, safra 2019/2020.



Ao analisar os resultados de superfície resposta constatou-se que para cultivar IRGA 431 CL é necessário para o caractere PC um período de 84,25 h em temperatura de 43,95 °C para obter a maior porcentagem de plântulas normais ao 5º dia de avaliação. Para o caractere G é necessário um período de 90,33 h em temperatura de 41,24 °C para obter maior porcentagem de germinação das sementes. Estes resultados estão em conformidade com os estudos de Franzin (2006) e de Menezes et al. (2009) em que afirmam que utilizar temperaturas de 45 °C para pré-secagem não afeta a qualidade fisiológica da cultura. Para Scariot et al. (2021) ao comparar temperaturas do ar de secagem de 55 e 65 °C, constataram que a secagem das sementes de arroz com temperatura do ar de 65 °C, não influenciou negativamente a germinação das sementes, porém, reduziu o vigor. Resultados semelhantes podem ser observados no presente estudo, em que temperaturas mais elevadas de pré-secagem afetaram de forma mais significativa a primeira contagem de plântulas do que a porcentagem final de germinação.

A máxima germinação e vigor de sementes de arroz pode corresponder ao momento em que a dormência é superada (MARQUES et al., 2014). Além da necessidade de obter sementes vigorosas, é necessário o conhecimento das condições ideais para a

germinação, pois, em algumas espécies a dormência traz dificuldades para a propagação (TAGLIANI, 2011).

No estudo de Almeida et al. (2016) ao testar a pré-secagem de 50 °C por períodos de 72 e 96 h em *Triticum aestivum* L., observaram que a cultura atinge o valor máximo de germinação no período de 72 h e acima desse período (96 h) há uma queda na germinação e que apesar de afetar a capacidade germinativa das sementes de trigo, o método foi eficiente para diferenciar os lotes em relação à sua qualidade. Resultados semelhantes foram encontrados no presente estudo em que num período acima ou abaixo de 90,33 h, ocorre um poder germinativo (G) mais reduzido em arroz na cultivar IRGA 431 CL. Temperaturas altas associadas a longos períodos de exposição podem afetar a organização das membranas nos embriões, dessa forma, reduzindo a germinação (VIEIRA et al., 1998). Porém Dousseau et al. (2008) diz que danos térmicos são caracterizados pela quebra de ligações peptídicas de proteínas que ocasionam a desnaturação de proteínas essenciais ao processo germinativo e por consequência alteram reações enzimáticas. E, para Marostega et al. (2015) o uso de tratamentos com água e temperatura elevada, aumentam a porcentagem germinativa das sementes, pois absorvem água com maior velocidade, acelerando as reações bioquímicas e metabólicas que determinam o processo germinativo.

Para um maior CR é necessário um período maior de exposição, de 179,61 h em temperatura de 41,03 °C. Este resultado pode estar ligado ao fato de que ao superar a dormência a semente necessita de um período de calor, no qual o tegumento apresenta fissuras, tornando-o permeável, o que facilita a entrada de oxigênio e água, necessários para o processo de germinação, bem como facilita a drenagem de substâncias inibidoras da germinação (MARCO FILHO, 2015). Segundo Dousseau et al. (2008), a temperatura é considerada como um dos principais fatores responsáveis pela percentagem final de germinação, esta afeta a velocidade de absorção de água, a reativação das reações metabólicas, fundamentais aos processos de mobilização de reservas e a retomada de crescimento da radícula. E para um maior CPA é necessário um período de 94,20 h em temperatura de 42,82 °C.

A eficiência dos métodos de superação depende da intensidade de dormência apresentada nas sementes (GARCIA; COELHO, 2021). Pode ocorrer a embebição de sementes de arroz durante o processo de germinação quando expostas a baixas temperaturas, porém não pode ocorrer o desenvolvimento do embrião, induzindo a danos no embrião ou às plântulas, impedindo a conclusão do processo germinativo. Já, altas

temperaturas podem permitir a embebição da semente, mas não permitem o crescimento do embrião e o estabelecimento da plântula (MATHEUS; LOPES, 2009). Diferenças de comportamento na germinação, em relação à temperatura, estão relacionados a qualidade fisiológica da semente, que é seu grau de maturidade fisiológica na colheita ou o progresso da deterioração em nível de membranas.

O aquecimento excessivo durante a secagem pode provocar danos às sementes, como redução na percentagem e velocidade de germinação, formação de plântulas anormais, fissuras internas, rompimento no tegumento e alteração da coloração (NELLIST; HUGHES, 1973). Então, além das RAS, diversos autores têm recomendado o uso de temperaturas elevadas para superação da dormência, em que tem sido indicada a pré-secagem de 40 a 50 °C por 7 a 10 dias, por Liberal et al. (1970). Já, Amaral e Gonzalo (1977) indicaram o uso de 49 °C por 96 horas, porém Vieira et al. (1994) recomendaram a utilização de 40 °C por 168 horas para superar a dormência das cultivares de arroz irrigado Inca e MG 1, embora para a primeira, as temperaturas de 50 °C e 60 °C foram capazes de superar a dormência em menor tempo. Para Franco et al. (1997), a pré-secagem pode ser aplicada sob as condições de 40 °C por 5 dias, para Menezes et al. (1997) a pré-secagem a 42 °C por cinco dias, em estufa sem circulação de ar forçado, é capaz de superar a dormência em sementes de arroz irrigado. Para Guimarães et al. (2000), o tratamento de pré-secagem deve ser realizado com a temperatura de 50 °C por 3 a 7 dias. Além destes, Franzin et al. (2004) observaram que a utilização da pré-secagem a 60 °C por 72 horas supera a dormência, permitindo a germinação das sementes de arroz, o que não ocorre em temperaturas de 70° e 80 °C, onde as sementes são afetadas negativamente pela alta temperatura. Esta diferença de indicações se deve ao fato da utilização de cultivares diferentes ao deste estudo, o que pode ser indagado que para cada cultivar utilizada, deve-se ter uma metodologia diferenciada, com faixa de temperatura e tempo de exposição diferentes. Bem como no estudo de Pereira (2020) em que ao comparar os tratamentos, verificou que o uso de altas temperaturas em sementes de capim humidícola interfere no seu desempenho germinativo, e que tratamentos térmicos representam uma tecnologia promissora para a superação da dormência, observando ainda que a temperatura utilizada, o tempo de exposição e o lote de sementes influenciam os resultados.

E segundo Menezes et al. (2009) a dormência em sementes de arroz, por apresentar amplas e complexas interações entre as suas causas, varia entre cultivares, lotes, sementes, de ano para ano, situações que dificultam o estabelecimento de um

método único e eficiente para sua superação, contudo os autores salientam que a pré-secagem é um método eficiente para superar essa dormência.

#### 5.4 CONCLUSÕES

Para superação de dormência de sementes da cultivar IRGA 431 CL em estufa de circulação de ar forçado, é mais indicado a temperatura de entre 41° e 44 °C por um período de 95h.

#### 5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.S.; BORTOLOTTI, M.; MEDEIROS, L. R.; MENEGHELLO, G. E.; KONZEN, L. H.; TUNES, L. M. Protrusão da radícula e métodos para superação de dormência de sementes de trigo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.3, p.271-276, 2016.

AMARAL, A.S.; GONÇALO, J.F.P. Dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre. v. 30, n. 301, p. 35-7, 1977.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/SDA/ACS, 2009. 399p.

BRYANT, J.A. **Fisiologia da semente**. São Paulo: EPU, 1989. 86p.

DOUSSEAU S.; ALVARENGA, A.A.; ARANTES, L.O.; OLIVEIRA, D.M.; NERY, F.C. Germinação de sementes de tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 438-443, 2008.

FOLEY, M.E.; FENNIMORE, S.A. Genetic basis for seed dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 8, p. 173- 182. 1998.

FRANCO, F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.; LIVIRA, A.; TAVARES, W. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 50, n. 430, p. 11-15, 1997.

FRANZIN, S.M. **Dormência e pré-germinação de sementes de arroz**. Tese (Doutorado em Agronomia). Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2006.

FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Pré-secagem na superação da dormência em sementes de arroz. In: Congresso Pan Americano de Semillas, 2004, Assunção. **Anais...** Assunção, 2004. p.311.

GARCIA, J.; COELHO, C.M.M. Physiological quality and dormancy of rice seeds during storage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 4, e20207632, 2021.

GUIMARÃES, I.F.G.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Métodos de superação de dormência para determinar o potencial germinativo de sementes de arroz. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 1, p. 77-88, 2000.

LIBERAL, O.H.T.; PINHEIRO, F.F.M.; COSTA, W.F.; DUARTE, L.S.N. Ocorrência de dormência em cultivares de arroz. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SEMENTES, 3. Recife, 1970. **Anais...** Recife, 1970. p. 192-201.

LIMA, J.M.E.; SMIDERLE, O.J.; GALVÃO, L.M.; SÁ, A.R.; CORDEIRO, A.C.C. Relação qualidade de moagem e qualidade fisiológica de sementes de arroz durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 30-39, 2019.

MAROSTEGA, T.; CUIABANO, M.; RANZANI, R.; DA LUZ, P.; SOBRINHO, S. Efeito de tratamento térmico na superação de dormência de sementes de *Passiflora suberosa* L. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 445-450, 2015.

MARQUES, E.R.; ARAÚJO, E.F.; ARAÚJO, R.F.; MARTINS FILHO, S. Seed quality of rice cultivars stored in different environments. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 1, p. 32-39, 2014.

MATHEUS, M.T.; LOPES, J.C. Temperaturas cardinais para a germinação de sementes de *Erythrina variegata* L.. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 03, p. 115-122, 2009.

MENEZES, B.R.S.; LOPES, H.M.; PEREIRA, M.B.; MOREIRA, L.B.; RODRIGUES, D.L.; SILVA, E.R. Avaliação da germinação e dormência de sementes de arroz vermelho e branco. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 12, n. 2, p. 129-140, 2013.

MENEZES, N.L. de; FRANZIN, S.M.; BORTOLOTTI, R.P. Dormência em sementes de arroz: causas e métodos de superação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 7, n. 1, p. 35- 44, 2009.

MENEZES, N.L.; MAZARO, S.M.; BRACKMANN, A. Efeito da exposição a diferentes concentrações de oxigênio para superar a dormência em sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 375-379, 1997.

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

NELLIST, M.E.; HUGHES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. **Seed Science and Tchnology**, Zurich, v. 1, n. 1, p. 643-643, 1973.

PEREIRA, T.S. **Superação de dormência de sementes de capim humidícola**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 49 p., 2020.

SCARIOT, M.A.; SOARES, G.C.; RANDUZ, L.L.; DIONELLO, R.G. Physical and physiological quality of rice seeds in function of drying temperature and storage. **Revista Ceres** v. 68, n. 1, p. 31-38, 2021.

SCHIMDT, A.K. **Propriedades físicas e fisiológicas de arroz japonês (moti gome) em função de condições de secagem e armazenamento.** Trabalho e conclusão de curso. Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 51 p., 2021.

TAGLIANI, M. C. **Propagação de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) por sementes e miniestacas.** Dissertação de Mestrado. Mestrado em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 96 p., 2011.

VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; CARVALHO, V.D.; FRAGA, A.C. Efeitos de tratamentos pré germinativos na superação da dormência de sementes de arroz e na atividade enzimática da peroxidase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 535-542, 1994.

VIEIRA HD et al. Efeito de diferentes temperaturas sobre a dormência fisiológica de sementes de braquiário (*Brachiaria brizantha* Hochst. ex A. Rich). **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, p.84-88, 1998.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo foram encontradas diferenças nas alterações fisiológicas e morfológicas de cultivares de arroz e, ainda pode se compreender os fatores ligados à dormência e ao vigor das sementes.

Pode-se observar no artigo 1 que é possível avaliar a severidade das fissuras em sementes de arroz das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL que há diferença entre os tratamentos e entre cultivares submetidas a pré-secagem e envelhecimento acelerado, podendo então indicar o tratamento mais eficiente para demonstrar os resultados de vigor e germinação na cultura do arroz, no qual o tratamento para superação de dormência com pré-secagem a 45 °C em estufa de circulação de ar forçado mais envelhecimento acelerado por 72 ou 96 h a 42 °C são o tratamento mais eficiente para demonstrar os resultados de primeira contagem de plântulas normais e germinação, sendo os tratamentos com menos alterações fisiológicas de plântulas de arroz e com melhor desenvolvimento inicial.

No artigo 2 observa-se que a condutividade elétrica pode ser indicada para avaliação do vigor das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL. Ainda, através do teste de tetrazólio pode-se avaliar a viabilidade e vigor das sementes das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL.

No artigo 3 verifica-se que ao realizar o estudo com a cultivar IRGA 431 CL, o uso da temperatura entre 41° e 44° C, em estufa de circulação de ar forçado, por um período de 95 h é indicado.

Neste estudo para cultivar IRGA 431 CL constatamos a necessidade de mais estudos direcionados a superação de dormência, sendo necessário aprofundar em estudos futuros mais safras agrícolas. Para cultivar IRGA 424 RI demonstrou um comportamento mais similar aos que as RAS propõem para análise de sementes de arroz. E a cultivar Guri INTÁ CL demonstrou pouca dormência em sua semente. Demonstrando a divergência entre as cultivares e a importância de mais estudos com as principais sementes utilizadas no mercado e as que são promissoras a suprir a necessidade do mercado.

O presente estudo contribui para o conhecimento da cultura do arroz, pois este gerou informações importantes para o setor de sementes, demonstrando que cada cultivar e lote de sementes de arroz tem um comportamento distinto. E ainda que as RAS satisfazem parcialmente as necessidades das análises para a cultura do arroz, pois como

evidenciado no estudo as cultivares estudadas apresentam padrões diferentes para análise, devendo então futuramente analisar mais cultivares com as metodologias das RAS e as metodologias propostas, pois as metodologias propostas se encontraram promissoras para análise de sementes de arroz.

## 7 APENDICE

Apêndice 7.1 - Resumo da análise de variância para as severidades S1, S2 e S3, de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

FV	GL	Quadrados Médios		
		S1	S2	S3
Pré-secagem (PS)	1	103959,71*	13314,76*	42867,47*
Envelhecimento acelerado (EA)	4	2921,29*	1480,49*	6339,66*
Cultivar (C)	2	1727,84*	1346,88*	24,31 <sup>ns</sup>
PS × EA	4	2325,18*	1574,65*	6646,88*
PS × C	2	83,52*	120,85*	9,65 <sup>ns</sup>
EA × C	8	210,43*	192,72*	258,03*
PS × EA × C	8	243,25*	185,84*	248,39*
Resíduo	90	15,12	18,08	12,20
CV (%)		6,77	18,38	17,97

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.2 - Resumo da análise de variância do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) para as severidades S1, S2 e S3, de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

FV	EA x C <sup>(1)</sup>	GL	Quadrados Médios		
			S1	S2	S3
PS	1	1	13339,16*	162,00*	16441,19*
PS	2	1	19077,88*	242,00*	15022,51*
PS	3	1	13014,49*	450,00*	18304,54*
PS	4	1	4110,07*	2888,00*	107,60*
PS	5	1	6421,84*	3931,18*	304,30*
PS	6	1	3042,00*	2989,96*	0,22 <sup>ns</sup>
PS	7	1	7688,00*	2357,78*	1568,00*
PS	8	1	11858,77*	2048,32*	3990,37*
PS	9	1	9522,00*	338,13*	6272,00*
PS	10	1	6805,36*	997,48*	2592,36*
PS	11	1	4672,06*	174,19*	3042,39*
PS	12	1	6883,75*	1605,74*	1840,42*
PS	13	1	5977,62*	1216,97*	1800,30*
PS	14	1	1120,30*	1058,00*	0,88 <sup>ns</sup>
PS	15	1	1840,12*	882,00*	174,28*
Resíduo		90	15,12	18,08	12,20

- (<sup>1</sup>) 1: 0 h de EA × IRGA 431 CL; 2: 0 h de EA × IRGA 424 RI; 3: 0 h de EA × GURI INTÁ CL; 4: 24 h de EA × IRGA 431 CL; 5: 24 h de EA × IRGA 424 RI; 6: 24 h de EA × GURI INTÁ CL; 7: 48 h de EA × IRGA 431 CL; 8: 48 h de EA × IRGA 424 RI; 9: 48 h de EA × GURI INTÁ CL; 10: 72 h de EA × IRGA 431 CL; 11: 72 h de EA × IRGA 424 RI; 12: 72 h de EA × GURI INTÁ CL; 13: 96 h de EA × IRGA 431 CL; 14: 96 h de EA × IRGA 424 RI; 15: 96 h de EA × GURI INTÁ CL. FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.3 - Resumo da análise de variância do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar (C) para as severidades S1, S2 e S3, de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

FV	PS x C <sup>(1)</sup>	GL	Quadrados Médios		
			S1	S2	S3
EA	1	4	1032,88*	1387,47*	3767,48*
EA	2	4	3205,52*	879,07*	4427,25*
EA	3	4	1736,33*	1369,14*	5801,09*
EA	4	4	103,62*	101,87*	1,11 <sup>ns</sup>
EA	5	4	22,44 <sup>ns</sup>	22,13 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
EA	6	4	53,03*	52,56*	2,09 <sup>ns</sup>
Resíduo		90	15,12	18,08	12,20

- (<sup>1</sup>) 1: Com pré-secagem × IRGA 431 CL; 2: Com pré-secagem × IRGA 424 RI; 3: Com pré-secagem × GURI INTÁ CL; 4: Sem pré-secagem × IRGA 431 CL; 5: Sem pré-secagem × IRGA 424 RI; 6: Sem pré-secagem × GURI INTÁ CL.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.4 - Resumo da análise de variância do desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e envelhecimento acelerado (EA) para as severidades S1, S2 e S3, de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

FV	PS x EA <sup>(1)</sup>	GL	Quadrados Médios		
			S1	S2	S3
C	1	2	0,00 <sup>ns</sup>	81,33*	81,33*
C	2	2	46,36 <sup>ns</sup>	23,10 <sup>ns</sup>	122,82*
C	3	2	30,79 <sup>ns</sup>	632,39*	807,36*
C	4	2	335,28*	720,63*	84,00*
C	5	2	1915,80*	325,46*	960,55*
C	6	2	364,00*	364,00*	0,00 <sup>ns</sup>
C	7	2	157,46*	133,81*	1,04 <sup>ns</sup>
C	8	2	302,34*	264,12*	1,04 <sup>ns</sup>
C	9	2	54,36*	59,68*	0,15 <sup>ns</sup>
C	10	2	419,67*	377,45*	1,33 <sup>ns</sup>
Resíduo		90	15,12	18,08	12,20

- (<sup>1</sup>) 1: Com pré-secagem × 0 h de EA; 2: Com pré-secagem × 24 h de EA; 3: Com pré-secagem × 48 h de EA; 4: Com pré-secagem × 72 h de EA; 5: Com pré-secagem × 96 h de EA; 6: Sem pré-secagem × 0 h de EA

EA; 7: Sem pré-secagem × 24 h de EA; 8: Sem pré-secagem × 48h de EA; 9: Sem pré-secagem × 72 h de EA; 10: Sem pré-secagem × 96 h de EA.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.5 - Médias das severidades S1, S2 e S3 (%), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

EA	Com Pré-secagem			Sem Pré-secagem		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
IRGA 431 CL						
0	0 Ba	9 Ba	91 Ab	82 Ab	18 Aa	0 Ba
24	40 Bb	51 Aa	9 Aa	86 Ab	13 Ba	1 Ba
48	14 Ba	57 Aa	29 Ac	76 Ab	23 Ba	1 Ba
72	32 Bb	32 Ab	36 Aa	90 Aa	10 Bb	0 Ba
96	30 Bc	39 Aa	31 Aa	85 Ab	14 Bb	1 Ba
IRGA 424 RI						
0	0 Ba	13 Aa	87 Ab	98 Aa	2 Bb	0 Ba
24	39 Bb	48 Aa	13 Aa	96 Aa	3 Bb	1 Ba
48	16 Ba	39 Ab	45 Ab	93 Aa	7 Bb	0 Ba
72	45 Ba	16 Ac	39 Aa	93 Aa	7 Bb	0 Ba
96	74 Bb	26 Ab	1 Ac	97 Aa	3 Bb	0 Aa
GURI INTÁ CL						
0	0 Ba	4 Bb	96 Aa	81 Ab	19 Aa	0 Ba
24	46 Ba	52 Aa	2 Ab	85 Ab	14 Ba	2 Aa
48	10 Ba	33 Ac	57 Aa	79 Ab	20 Ba	1 Ba
72	27 Bb	43 Aa	30 Ab	86 Ab	14 Ba	0 Ba
96	47 Ba	43 Aa	10 Ab	77 Ab	22 Ba	1 Ba

Análise do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de: envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) – Letras maiúsculas na linha

Análise do desdobramento de C dentro de cada nível de PS e EA - Letra minúscula na coluna.

Letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade de erro.

Apêndice 7.6 - Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas: primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm), massa de matéria seca de raiz (MSR, em mg) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020.

FV	GL	Quadrados Médios					
		PC	G	CR	CPA	MSR	MSPA
Pré-secagem (PS)	1	5512,59*	2221,67*	0,16 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	76,80*	19,47*
Envelhecimento acelerado (EA)	4	25703,49*	473,32*	62,18*	3,41*	132,51*	96,12*
Cultivar (C)	2	14851,90*	5029,67*	18,41*	3,90*	42,45*	70,36*
PS × EA	4	970,36*	336,60*	2,33*	0,44*	7,34 <sup>ns</sup>	10,25*
PS × C	2	479,07*	898,38*	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	40,14 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>
EA × C	8	218,62*	82,73*	0,49*	0,22*	13,63 <sup>ns</sup>	5,96*
PS × EA × C	8	168,45*	55,29*	0,42*	0,05*	12,22 <sup>ns</sup>	3,09*
Resíduo	90	10,58	5,53	0,17	0,02	13,00 <sup>ns</sup>	0,55
CV (%)		5,03	2,78	7,20	8,24	30,92	7,37

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F, <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.7 - Resumo da análise de variância do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C), para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020.

FV	EA x C <sup>(1)</sup>	GL	Quadrados Médios				
			PC	G	CR	CPA	MSPA
PS	1	1	2580,01*	3375,68*	2,05*	0,01 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
PS	2	1	3267,01*	450,00*	0,89*	0,05 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
PS	3	1	1615,01*	183,68*	0,75*	0,19*	4,50*
PS	4	1	125,35*	528,13*	1,01*	0,04 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
PS	5	1	555,56*	6,72 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,15*	1,39 <sup>ns</sup>
PS	6	1	1,68 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,16*	0,01 <sup>ns</sup>
PS	7	1	296,06*	767,01*	2,52*	0,61*	8,00*
PS	8	1	213,56*	1,68 <sup>ns</sup>	1,69*	0,51*	29,39*
PS	9	1	22,22 <sup>ns</sup>	6,13 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,07*	4,50*
PS	10	1	555,56*	213,56*	0,14 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
PS	11	1	200,00*	53,39*	0,03 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
PS	12	1	2,72 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,09*	0,35 <sup>ns</sup>
PS	13	1	2178,00*	217,01*	2,31 <sup>ns</sup>	0,09*	0,06 <sup>ns</sup>
PS	14	1	19,01*	1,68*	0,00 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	15,13*
PS	15	1	68,06*	1,68*	0,47 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	23,35*
Resíduo		90	10,58	5,53	0,17	0,02	0,55

<sup>(1)</sup> 1: 0 h de EA × IRGA 431 CL; 2: 0 h de EA × IRGA 424 RI; 3: 0 h de EA × GURI INTÁ CL; 4: 24 h de EA × IRGA 431 CL; 5: 24 h de EA × IRGA 424 RI; 6: 24 h de EA × GURI INTÁ CL; 7: 48 h de EA × IRGA 431 CL; 8: 48 h de EA × IRGA 424 RI; 9: 48 h de EA × GURI INTÁ CL; 10: 72 h de EA × IRGA 431 CL; 11: 72 h de EA × IRGA 424 RI; 12: 72 h de EA × GURI INTÁ CL; 13: 96 h de EA × IRGA 431 CL; 14: 96 h de EA × IRGA 424 RI; 15: 96 h de EA × GURI INTÁ CL.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.8 - Resumo da análise de variância do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar (C), para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação de plântulas normais (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020.

FV	PS x C <sup>(1)</sup>	GL	Quadrados Médios				
			PC	G	CR	CPA	MSPA
EA	1	4	1284,29*	53,44*	7,53*	0,13*	6,72*
EA	2	4	597,44*	18,54*	9,59*	0,85*	23,47*
EA	3	4	357,52*	12,01 <sup>ns</sup>	7,68*	0,44*	11,71*
EA	4	4	1313,15*	637,72*	14,79*	0,35*	11,49*
EA	5	4	3107,77*	254,43*	14,39*	1,47*	40,84*
EA	6	4	1510,22*	109,81*	12,33*	1,16*	30,24*
Resíduo		90	10,58	5,53	0,17	0,02*	0,55

<sup>(1)</sup> 1: Com pré-secagem × IRGA 431 CL; 2: Com pré-secagem × IRGA 424 RI; 3: Com pré-secagem × GURI INTÁ CL; 4: Sem pré-secagem × IRGA 431 CL; 5: Sem pré-secagem × IRGA 424 RI; 6: Sem pré-secagem × GURI INTÁ CL

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.9- Resumo da análise de variância do desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e pré-secagem (PS) para primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação (G, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em mg), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020.

FV	PS x EA <sup>(1)</sup>	GL	Quadrados Médios				
			PC	G	CR	CPA	MSPA
C	1	2	925,86*	65,36*	1,05*	0,18*	1,86*
C	2	2	2164,59*	65,44*	2,69*	0,37*	8,53*
C	3	2	1573,23*	430,26*	1,63*	0,23*	5,34*
C	4	2	698,79*	296,33*	2,53*	1,18*	16,03*
C	5	2	321,33*	132,34*	1,96*	0,45*	4,51*
C	6	2	1241,86*	1739,23*	1,96*	0,04*	0,84 <sup>ns</sup>
C	7	2	2607,18*	744,25*	0,36 <sup>ns</sup>	0,25*	8,58*
C	8	2	3262,53*	1834,93*	1,11*	0,58*	11,68*
C	9	2	1483,62*	673,36*	2,76*	0,77*	15,59*
C	10	2	2600,28*	498,62*	6,00*	0,95*	34,70*
Resíduo		90	10,58	5,53	0,17	0,02*	0,55

<sup>(1)</sup> 1: Com pré-secagem × 0 h de EA; 2: Com pré-secagem × 24 h de EA; 3: Com pré-secagem × 48h de EA; 4: Com pré-secagem × 72 h de EA; 5: Com pré-secagem × 96 h de EA; 6: Sem pré-secagem × 0 h de EA; 7: Sem pré-secagem × 24 h de EA; 8: Sem pré-secagem × 48h de EA; 9: Sem pré-secagem × 72 h de EA; 10: Sem pré-secagem × 96 h de EA.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.10 - Médias de primeira contagem de plântulas normais (PC, em %), germinação de plântulas normais (GP, em %), comprimento de raiz (CR, em cm), comprimento de parte aérea (CPA, em cm) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA, em g), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, da safra 2019/2020.

EA (h)	IRGA 431 CL	IRGA 424 RI	GURI INTÁ CL	IRGA 431 CL	IRGA 424 RI	GURI INTÁ CL
Com pré-secagem			Sem pré-secagem			
PC (%)						
0	41Ab	61Aa	68Aa	5Bc	25Bb	40Ba
24	32Ab	71Aa	74Aa	24Bc	54Bb	75Aa
48	50Ac	79Bb	87Aa	37Bc	89Aa	84Ab
72	69Ac	94Aa	88Ab	52Bc	84Bb	87Aa
96	74Ab	90Aa	89Aa	41Bb	87Aa	83Ba
G (%)						
0	83Ab	90Aa	90Aa	42Bc	75Bb	81Ba
24	85Ab	91Aa	93Aa	69Bb	93Aa	93Aa
48	76Ab	93Aa	95Aa	57Bb	94Aa	93Aa
72	79Ab	95Aa	93Aa	69Bb	90Ba	92Aa
96	83Ab	94Aa	91Aa	73Bb	93Aa	91Aa
CR (cm)						
0	2,8Ab	3,8Aa	3,3Aa	1,8Bb	3,2Ba	2,7Ba
24	5,2Bb	6,8Aa	6,4Aa	5,9Aa	6,3Aa	6,5Aa
48	5,5Bb	6,7Ba	6,4Aa	6,6Ab	7,6Aa	6,9Ab
72	6,4Ab	7,9Aa	6,7Ab	6,1Ac	7,8Aa	6,9Ab
96	5,9Ab	7,2Aa	6,1Ab	4,8Bc	7,2Aa	5,7Ab
CPA (cm)						
0	1,2Ac	1,4Ab	1,6Aa	1,1Aa	1,3Aa	1,3Ba
24	1,4Ac	1,6Ab	2,0Aa	1,2Ab	1,3Bb	1,7Ba
48	1,5Bb	1,9Ba	1,9Ba	1,8Ab	2,4Aa	2,4Aa
72	1,6Bb	2,6Aa	2,4Aa	1,8Ab	2,5Aa	2,6Aa
96	1,7Ac	2,1Ab	2,3Aa	1,4Bb	2,2Aa	2,3Aa
MSPA (mg)						
0	7,17Ab	7,58Ab	8,50 Aa	7,50Aa	7,92Aa	7,00Ba
24	7,00Ac	8,58Ab	9,92Aa	7,25Ab	7,75Ab	10,00Aa
48	9,00Bb	10,58Ba	11,25Ba	11,00Ac	14,42Aa	12,75Ab
72	10,08Ab	13,92Aa	13,00Aa	10,08Ab	13,58Aa	13,42Aa
96	8,00Ab	9,92Ba	9,75Ba	7,83Ab	12,67Aa	13,17Aa

Análise do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de: envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) – Letras maiúsculas na linha.

Análise do desdobramento de C dentro de cada nível de PS e EA - Letra minúscula na linha.

Letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade de erro.

Apêndice 7.11 - Resumo da análise de variância para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

FV	GL	Quadrados Médios	
		CE 20	CE 25
Pré-secagem (PS)	1	8,51 <sup>ns</sup>	40,46*
Envelhecimento acelerado (EA)	4	24,76*	34,50*
Cultivar (C)	2	1338,26*	1611,05*
PS × EA	4	17,66*	7,39 <sup>ns</sup>
PS × C	2	347,67*	401,47*
EA × C	8	43,42*	26,25*
PS × EA × C	8	123,69*	122,32*
Resíduo	210	3,37	3,72
CV (%)		10,37	9,74

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.12 - Resumo da análise de variância do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C), para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

FV	EA x C <sup>(1)</sup>	GL	Quadrados Médios	
			CE 20	CE 25
PS	1	1	5,69 <sup>ns</sup>	5,65 <sup>ns</sup>
PS	2	1	80,40*	203,41*
PS	3	1	187,17*	43,11*
PS	4	1	19,57*	7,00 <sup>ns</sup>
PS	5	1	105,64*	229,88*
PS	6	1	202,54*	223,50*
PS	7	1	8,61 <sup>ns</sup>	1,95 <sup>ns</sup>
PS	8	1	281,44*	56,40*
PS	9	1	96,62*	258,89*
PS	10	1	6,15*	0,00 <sup>ns</sup>
PS	11	1	118,28*	211,20*
PS	12	1	206,27*	166,24*
PS	13	1	3,36 <sup>ns</sup>	3,43 <sup>ns</sup>
PS	14	1	129,66*	123,23*
PS	15	1	310,61*	317,63*
Resíduo		90	3,37	3,72

<sup>(1)</sup> 1: 0 h de EA × IRGA 431 CL; 2: 0 h de EA × IRGA 424 RI; 3: 0 h de EA × GURI INTÁ CL; 4: 24 h de EA × IRGA 431 CL; 5: 24 h de EA × IRGA 424 RI; 6: 24 h de EA × GURI INTÁ CL; 7: 48 h de EA × IRGA 431 CL; 8: 48 h de EA × IRGA 424 RI; 9: 48 h de EA × GURI INTÁ CL; 10: 72 h de EA × IRGA 431 CL; 11: 72 h de EA × IRGA 424 RI; 12: 72 h de EA × GURI INTÁ CL; 13: 96 h de EA × IRGA 431 CL; 14: 96 h de EA × IRGA 424 RI; 15: 96 h de EA × GURI INTÁ CL.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.13 - Resumo da análise de variância do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) e cultivar (C) para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

FV	PS x C <sup>(1)</sup>	GL	Quadrados Médios	
			CE 20	CE 25
EA	1	4	4,68 <sup>ns</sup>	23,77*
EA	2	4	119,36*	98,69*
EA	3	4	53,35*	45,14*
EA	4	4	7,02 <sup>ns</sup>	12,53*
EA	5	4	64,83*	100,86*
EA	6	4	127,38*	58,05*
Resíduo		210	3,37	3,72

<sup>(1)</sup> 1: Com pré-secagem × IRGA 431 CL; 2: Com pré-secagem × IRGA 424 RI; 3: Com pré-secagem × GURI INTÁ CL; 4: Sem pré-secagem × IRGA 431 CL; 5: Sem pré-secagem × IRGA 424 RI; 6: Sem pré-secagem × GURI INTÁ CL.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.14 - Resumo da análise de variância do desdobramento de cultivar (C) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) e pré-secagem (PS) para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

FV	PS x EA <sup>(1)</sup>	GL	Quadrados médios	
			CE 20	CE 25
C	1	2	63,09*	75,93*
C	2	2	170,40*	590,60*
C	3	2	631,98*	179,50*
C	4	2	444,65*	466,75*
C	5	2	297,64*	311,86*
C	6	2	304,51*	422,36*
C	7	2	58,07*	184,00*
C	8	2	64,71*	135,46*
C	9	2	159,43*	82,27*
C	10	2	158,90*	158,09*
Resíduo		90	3,37	3,72

<sup>(1)</sup> 1: Com pré-secagem × 0 h de EA; 2: Com pré-secagem × 24 h de EA; 3: Com pré-secagem × 48h de EA; 4: Com pré-secagem × 72 h de EA; 5: Com pré-secagem × 96 h de EA; 6: Sem pré-secagem × 0 h de EA; 7: Sem pré-secagem × 24 h de EA; 8: Sem pré-secagem × 48h de EA; 9: Sem pré-secagem × 72 h de EA; 10: Sem pré-secagem × 96 h de EA.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.15- Médias para condutividade elétrica a 20 °C (CE 20) e 25 °C (CE 25), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

EA (h)	IRGA 431 CL	IRGA 424 RI	GURI INTÁ CL	IRGA 431 CL	IRGA 424 RI	GURI INTÁ CL
Com Pré-secagem			Sem Pré-secagem			
CE20						
0	14,62Ab	19,30Ba	19,64Aa	13,42Ab	23,78Aa	12,80Bb
24	13,45Bb	21,47Aa	13,51Bb	15,66Ab	16,34Bb	20,63Aa
48	13,52Ab	28,99Aa	13,67Ba	14,99Ac	20,60Ba	18,58Ab
72	12,63Ac	26,52Aa	14,86Bb	13,87Ab	21,08Ba	22,04Aa
96	12,88Ab	23,92Aa	13,90Ab	13,80Ac	18,23Bb	22,71Ba
CE25						
0	16,04Ab	21,55Ba	21,18Aa	14,85Ac	28,68Aa	17,90Bb
24	12,57Ac	28,70Aa	15,50Bb	13,89Ab	21,12Ba	22,97Aa
48	14,94Ab	23,55Aa	15,83Bb	15,64Ac	19,80Bb	23,87Aa
72	17,25Ab	30,02Aa	16,37Bb	17,23Ab	22,75Ba	22,82Aa
96	15,06Ab	26,30Aa	15,96Bb	15,99Ac	20,75Bb	24,87Aa

Análise do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de: envelhecimento acelerado (EA) e cultivar (C) – Letras maiúsculas na linha.

Análise do desdobramento de C dentro de cada nível de PS e EA - Letra minúscula na linha.

Letras distintas diferem pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade de erro.

Apêndice 7.16 - Resumo da análise de variância das 4 classes do teste de tetrazólio (%) (Classe 1, Classe 2, Classe 3, Classe 4), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

FV	GL	Quadrados Médios			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Pré-secagem (PS)	1	187,43 <sup>ns</sup>	5,92 <sup>ns</sup>	37,04 <sup>ns</sup>	72,63 <sup>ns</sup>
Envelhecimento acelerado (EA)	4	243,42*	41,11 <sup>ns</sup>	146,54*	560,80*
Cultivar (C)	2	276,79*	514,58*	128,95*	578,21*
PS × EA	4	281,72*	48,28 <sup>ns</sup>	58,59 <sup>ns</sup>	230,90*
PS × C	2	25,27 <sup>ns</sup>	8,45 <sup>ns</sup>	78,42 <sup>ns</sup>	11,48 <sup>ns</sup>
EA × C	8	31,50 <sup>ns</sup>	39,89 <sup>ns</sup>	31,17 <sup>ns</sup>	33,23 <sup>ns</sup>
PS × EA × C	8	27,47 <sup>ns</sup>	22,66 <sup>ns</sup>	37,13 <sup>ns</sup>	42,73 <sup>ns</sup>
Resíduo	90	51,14	27,47	35,98	44,88
CV (%)		12,61	48,88	52,67	31,08

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.17 - Resumo da análise de variância do desdobramento de envelhecimento acelerado (EA) dentro de cada nível de pré-secagem (PS) das 4 classes do teste de tetrazólio (%) (Classe 1 e Classe 4), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

Envelhecimento acelerado	Pré-secagem	GL	Quadrados Médios	
			Classe 1	Classe 4
EA	Com PS	4	390,58*	668,80*
EA	Sem PS	4	134,56*	122,88*
Resíduo		90	51,14	44,88

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

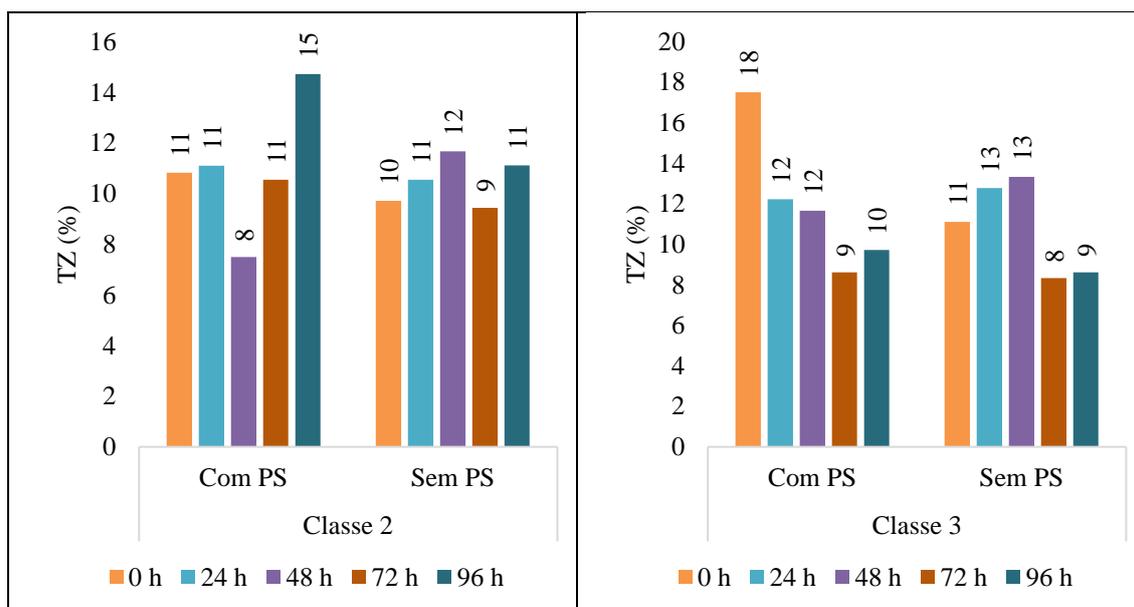
Apêndice 7.18 - Resumo da análise de variância do desdobramento de pré-secagem (PS) dentro de cada nível de envelhecimento acelerado (EA) das 4 classes do teste de tetrazólio (%) (Classe 1 e Classe 4), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), das cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.

Pré-secagem	Envelhecimento acelerado	GL	Quadrados Médios	
			Classe 1	Classe 4
PS	0 h	1	16,67 <sup>ns</sup>	133,72 <sup>ns</sup>
PS	24 h	1	22,70 <sup>ns</sup>	22,68 <sup>ns</sup>
PS	48 h	1	133,81 <sup>ns</sup>	11,59 <sup>ns</sup>
PS	72 h	1	1022,73*	816,67*
PS	96 h	1	118,41 <sup>ns</sup>	11,56 <sup>ns</sup>
Resíduo		90	51,14	44,88

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

Apêndice 7.19 – Apresentação dos valores médios da Classe 2 e Classe 3 em arroz (*Oryza sativa* L.), nas cultivares IRGA 431 CL, IRGA 424 RI e Guri INTÁ CL, safra 2019/2020.



Apêndice 7.20 - Resumo da análise de variância para os caracteres primeira contagem (PC), germinação (G), comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA), de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), da cultivares IRGA 431 CL, safra 2019/2020.

FV	GL	Quadrados médios			
		PC	G	CR	CPA
Temperatura (T)	4	4342,55*	29,99*	27,21*	0,20*
Período (P)	6	691,54*	27,51*	3,80*	0,08*
T × P	24	1033,06*	6,42*	1,48*	0,06*
Resíduo	105	18,53	3,78	0,10	0,01
CV (%)		6,56	2,17	9,24	6,00

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

\*Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F, <sup>ns</sup> Não significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.