

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



TESE

ADAPTAÇÕES METODOLÓGICAS DE TESTES EM SEMENTES DE
ARROZ: NOVAS ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE INTERNO

Bruna Barreto dos Reis

Pelotas, 2019

Bruna Barreto dos Reis

**ADAPTAÇÕES METODOLÓGICAS DE TESTES EM SEMENTES DE
ARROZ: NOVAS ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE INTERNO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientadora: Prof^a Dr^a Lilian Vanussa Madruga de Tunes

Co-orientador: Dr^a Geri Eduardo Meneghello

Co-orientadora: Dr^a Andreia da Silva Almeida

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

R375a Reis, Bruna Barreto dos

Adaptações metodológicas de testes em sementes de arroz: novas alternativas para o controle interno / Bruna Barreto dos Reis ; Lilian Vanussa Madruga de Tunes, orientadora ; Geri Eduardo Meneghello, coorientador. — Pelotas, 2019.

94 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Qualidade de sementes. 2. Vigor. 3. *Oryza sativa* L. I. Tunes, Lilian Vanussa Madruga de, orient. II. Meneghello, Geri Eduardo, coorient. III. Título.

CDD : 633.18

Bruna Barreto dos Reis

**ADAPTAÇÕES METODOLÓGICAS DE TESTES EM SEMENTES DE
ARROZ: NOVAS ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE INTERNO**

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

Data da Defesa: 30/08/2019

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Lilian Vanussa Madruga de Tunes (Orientador)

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria.

Prof^a. Dr^a. Adriane Marinho de Assis

Doutora em Fitotecnia pela Universidade Estadual de Londrina.

Dr^a. Andreia da Silva Almeida

Doutora em Ciências pelo programa de Pós-Graduação em Ciências e tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

Dr^a. Andrea Bicca Nogueira Martins

Doutora em Ciências pelo programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

Dr. Cassyo de Araujo Rufino

Doutor em Ciências pelo programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

Dedico aos meus pais Paulo (*in memoriam*) e Elaine, ao meu irmão Marcos, ao meu marido Pablo e minha filha Julia, pessoas que amo e admiro, que sempre me apoiaram e me incentivaram na caminhada pessoal e profissional.

Agradecimentos

Em primeira instância, agradeço à Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realizar o curso de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, bem como ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos para realização desta pesquisa.

Aos meus pais, Paulo (*in memoriam*) e Elaine por todo amor, incentivo, confiança, e companheirismo dedicados a mim incansavelmente, em todos os momentos da minha trajetória, meu singelo agradecimento.

Aos meus avós Florício e Edith, pelo apoio e incentivo, e por todos os ensinamentos que me passaram meu singelo agradecimento.

Ao meu irmão Marcos, por toda atenção, carinho, amor, companheirismo e torcida para que eu atingisse mais este objetivo na vida.

À minha tia e minha prima Fabiana e Ana Carolina, por todo amor, carinho, e companheirismo dedicados a mim.

Ao meu marido Pablo, por me incentivar, pelo amor, carinho e auxílio, enfim só tenho a agradecer.

À minha filha Julia, por ser o maior presente que já ganhei. Ser o sentido da minha vida.

Em especial a minha colega e amiga Anna, por toda força e companheirismo de sempre, a Daniele, Henrique, Gustavo R., Luis Henrique, Gustavo Z, pelos momentos de descontração, ajuda e principalmente pela amizade.

Aos incansáveis estagiários William Lorenski, Carem Saraiva, Camila Nunes, Lais Kroessin, Alexandre Peres (Goiano), José Otomar Aguilhera e Ana Flávia Serrão, pela parceria e ajuda prestada em prol da realização deste trabalho, sem a ajuda de vocês nada seria possível!

Aos estagiários Henrique e Luis, À Prof^{fa} Lilian Vanussa Madruga de Tunes, pela orientação, pela oportunidade de adquirir conhecimentos tão consistentes e importantes para minha vida pessoal e profissional. Obrigada

por toda paciência, dedicação, atenção e, principalmente, pela amizade que é realmente muito importante para mim.

Acima de tudo a Deus, pela vida, força, oportunidade e coragem para concluir este trabalho.

Obrigada!

Resumo

REIS, Bruna Barreto, **Adaptações metodológicas de testes em sementes de arroz: novas alternativas para o controle interno**, 2019. 94f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas de grande importância econômica e social para o Brasil por isto, seu cultivo demanda sementes de alta qualidade. As condições de produção têm exigido dos produtores de sementes o uso de tecnologias modernas. O interesse pelos testes de vigor tem destaque, em virtude da possibilidade de se identificar possíveis diferenças na qualidade, complementando assim o teste de germinação. O objetivo da presente pesquisa foi adaptar as metodologias de Teste Frio, Envelhecimento Acelerado, Condutividade Elétrica e lixiviação de K em lotes de sementes de arroz. O presente experimento foi instalado e conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes, Flávio Farias Rocha. Foram utilizadas sementes de arroz, da cultivar IRGA 424 RI, representadas por 21 lotes de sementes. A pesquisa foi realizada em duas etapas: primeiramente foi feito a caracterização dos lotes; seguido das adaptações de metodologia do Teste Frio, Envelhecimento Acelerado, Condutividade Elétrica e lixiviação de K. Concluindo-se que com temperaturas de 2°C a 5°C por dois dias foram eficientes para estratificação de lotes de sementes de arroz comparando com a emergência a campo para o teste de frio. Para o teste de EA as metodologias C (pré-tratamento em geladeira a 5-10°C por 24 horas depois BOD a 42°C por 48 horas) e J (pré-tratamento em estufa 35-40°C por 2 horas depois BOD a 45°C por 48 horas) foram eficientes para estratificação de lotes de sementes de arroz comparando com a emergência a campo. Para o teste de CE o período de 12 horas de imersão das sementes de arroz foi à metodologia adaptada mais adequada. Não há correlação das adaptações testadas com a emergência a campo. As metodologias J (25 sementes a 30°C) e P, R, e S (50 sementes a 25°C) foram eficientes para estratificar os lotes. Houve correlação com o teste de emergência a campo das metodologias J (25 sementes a 30°C) e P (50 sementes a 25°C) mostrando que o teste de lixiviação de potássio é eficiente para avaliar o vigor de sementes de arroz.

Palavras-chave: *qualidade de sementes, vigor, Oryza sativa* L.,

Abstract

REIS, Bruna Barreto. **Methodological adaptations of rice seed tests: new alternatives for internal control**, 2019. 94f. Thesis (Doctor degree in Sciences)– Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the crops of great economic and social importance for Brazil so its cultivation demands high quality seeds. Production conditions have required seed producers to use modern technologies. Interest in vigor tests is highlighted, due to the possibility of identifying possible differences in quality, thus complementing the germination test. The objective of this research was to adapt the methodologies of cold test, accelerated aging, electrical conductivity and K leaching in rice seed lots. The present study was installed and conducted at the Laboratório Didático de Análise de Sementes Flávio Farias Rocha. Rice seeds from cultivar IRGA 424 RI, represented by 21 seed lots were used. The research was carried out in two stages: first the characterization of the lots; followed by methodological adaptations of cold test, accelerated aging, field emergence and K leaching. In conclusion, with temperatures of 2°C to 5°C for two days, the cold test was efficient for stratification of rice seed lots compared to field emergence. For the accelerated aging test, the methodologies C (pre-treatment in refrigerator at 5-10°C for 24 hours then BOD at 42 ° C for 48 hours) and J (pre-treatment in oven 35-40°C for 2 hours after BOD at 45°C for 48 hours).) are efficient for stratification of rice seed lots compared to field emergence. For the field emergence test, the 12-hour rice seed immersion period was the most appropriate adapted methodology. There is no correlation of the adaptations tested with the emergence in the field. The methodologies J (25 seeds at 30 ° C) and P, R, and S (50 seeds at 25 ° C) were efficient to stratify the lots. There was a correlation with the emergence field test of J (25 seeds at 30 ° C) and P (50 seeds at 25 ° C) methodologies showing that the potassium leaching test is efficient to evaluate the vigor of rice seeds.

Keywords: seed quality, vigor, *Oryza sativa* L.,

Lista de Tabelas

Tabela 01	Descrição das oito metodologias alternativas do teste de frio realizadas com os 21 lotes selecionados acima. Estando descrito a metodologia do teste, o pré-tratamento utilizado, o período de exposição no pré-tratamento, temperatura e o período de exposição do teste na BOD. Pelotas, 2019.....	32
Tabela 02	Qualidade inicial dos 21 lotes selecionados com germinação semelhante e níveis de vigor diferente, sendo realizados os testes Germinação (%), Comprimento de plântula total (cm), Comprimento de parte aérea (cm), Comprimento de raiz (cm), Emergência a campo (%). Pelotas, 2019.....	38
Tabela 03	Resultados médios obtidos por oito metodologias do Teste de Frio (%), em 21 lotes de sementes de arroz. Pelotas-RS, UFPel, 2019.....	41
Tabela 04	Correlações lineares [Coeficiente de correlação de Pearson (r)] entre as oito metodologias do Teste Frio com a Emergência a Campo. Pelotas-RS, UFPel, 2019.....	42
Tabela 05	Descrição das 11 metodologias alternativas do teste de envelhecimento acelerado realizadas com os 21 lotes selecionados acima. Estando descrito a metodologia do teste, o pré-tratamento utilizado, o período de exposição no pré-tratamento, temperatura da exposição do teste na BOD, e o período de exposição na BOD. Pelotas, 2019.....	47
Tabela 06	Descrição do teor de água inicial das sementes de arroz (TA%), e do teor de água realizado depois de submetido a cada metodologia do teste de envelhecimento acelerado. Pelotas, 2019.....	54
Tabela 07	Resultados médios obtidos por onze metodologias do Teste de Envelhecimento Acelerado (%), em 21 lotes de sementes de arroz. Pelotas-RS, UFPel, 2019.....	57

Tabela 8	Correlações lineares [Coeficiente de correlação de Pearson (r)] entre as onze metodologias do Teste de Envelhecimento Acelerado com a Emergência a Campo. Pelotas-RS, UFPel, 2019.....	58
Tabela 9	Descrição das 28 metodologias alternativas do teste de condutividade elétrica realizadas com os 21 lotes selecionados acima. Estando descrito a sigla do teste, o numero de sementes, temperatura de exposição, volume de agua deionizada e o período de embebição. Pelotas, 2019.....	62
Tabela 10	Dados médios de condutividade elétrica massal ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) para as combinações 25 sementes imersas em 75 ml de água, a 25°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.....	66
Tabela 11	Dados médios de condutividade elétrica massal ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) para as combinações 25 sementes imersas em 75 ml de água, a 30°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.....	67
Tabela 12	Dados médios de condutividade elétrica massal ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) para as combinações 50 sementes imersas em 75 ml de água, a 25°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.....	69
Tabela 13	Dados médios de condutividade elétrica massal ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) para as combinações 50 sementes imersas em 75 ml de água, a 30°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.....	70
Tabela 14	Correlações lineares [Coeficiente de correlação de Pearson (r)] entre as 28 metodologias do Teste de Condutividade Elétrica com a Emergência a Campo. Pelotas-RS, UFPel, 2019.....	71
Tabela 15	Valores médios (mg do íon potássio. Kg^{-1} de semente) do	

	teste de lixiviação de potássio, na combinação 25 sementes imersas em 75 ml de água, a 25°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019..	78
Tabela 16	Valores médios (mg do íon potássio. Kg ⁻¹ de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 25 sementes imersas em 75 ml de água, a 30°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019..	79
Tabela 17	Valores médios (mg do íon potássio. Kg ⁻¹ de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 50 sementes imersas em 75 ml de água, a 25°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019..	81
Tabela 18	Valores médios (mg do íon potássio. Kg ⁻¹ de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 50 sementes imersas em 75 ml de água, a 30°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019..	82
Tabela 19	Correlações lineares [Coeficiente de correlação de Pearson (r)] entre a quantificação do potássio com a Emergência a Campo. Pelotas-RS, UFPel, 2019.....	83

Lista de Abreviaturas

TF Teste de frio

EA Envelhecimento acelerado

CE Condutividade elétrica

Sumário

1	Introdução.....	15
2	Revisão de Literatura.....	17
2.1	O arroz.....	17
2.2	Qualidade de sementes.....	18
2.3	Vigor.....	20
2.3.1	Emergência a campo.....	22
2.3.2	Teste frio.....	24
2.3.3	Envelhecimento acelerado.....	25
2.3.4	Condutividade elétrica.....	26
2.3.5	Lixiviação de potássio.....	27
3	Capítulo 1- Adaptações metodológicas do teste de frio para sementes de arroz.....	29
3.1	Introdução.....	29
3.2	Material e Métodos.....	30
3.3	Resultados e Discussão.....	35
3.4	Conclusão.....	43
4	Capítulo 2 – Adaptações metodológicas do teste de envelhecimento acelerado para sementes de arroz.....	44
4.1	Introdução.....	44
4.2	Material e Métodos.....	45
4.3	Resultados e Discussão.....	52
4.4	Conclusão.....	58
5	Capítulo 3 – Adaptações metodológicas do teste de condutividade elétrica.....	59
5.1	Introdução.....	59
5.2	Material e Métodos.....	60
5.3	Resultados e Discussão.....	64
5.4	Conclusão.....	71
6	Capítulo 4 – Avaliação da qualidade de potássio após o teste de	

condutividade elétrica para sementes de arroz.....	72
6.1 Introdução.....	72
6.2 Material e Métodos.....	73
6.3 Resultados e Discussão.....	76
6.4 Conclusão.....	84
7 Considerações Finais	85
Referencias	86

1 Introdução

O arroz é uma das culturas de grande importância econômica e social para o Brasil; por isto, seu cultivo demanda sementes de alta qualidade e práticas de manejo adequado. As condições de produção têm exigido dos produtores de sementes o uso de tecnologias modernas em relação às operações de colheita, processamento, armazenamento e comercialização.

A elucidação dos efeitos de diversos fatores que possam comprometer diretamente a qualidade de sementes depende da eficiência das técnicas utilizadas para determiná-las, bem como da obtenção de resultados confiáveis e reproduzíveis. Assim o interesse pelos testes de vigor tem destaque, em virtude da possibilidade de se identificar possíveis diferenças na qualidade, complementando assim o teste de germinação.

Dentre os métodos considerados rápidos para avaliação esta o teste de frio, que é um teste bastante utilizado por empresas produtoras de sementes de arroz e milho. É um teste que expõe as sementes a condições de baixa temperatura, alto teor de água do substrato e, se possíveis agentes patogênicos, com a utilização de solo.

Outro teste muito utilizado é o de envelhecimento acelerado, dentre os disponíveis para avaliação do vigor de sementes de diversas espécies. Este avalia o comportamento das sementes expostas a altas temperaturas e alta umidade relativa do ar, assim podendo estimar o potencial fisiológico das sementes.

O teste de condutividade elétrica que também é um método considerado rápido para avaliação do vigor em sementes. O princípio do teste está fundamentado na medição da condutividade elétrica dos eletrólitos liberados pelas sementes na água de imersão e essa condutividade está diretamente associada à integridade das membranas celulares. Além desse teste, é o de lixiviação de potássio, similar ao princípio do teste de condutividade elétrica, porém, avalia somente o íon potássio na solução de imersão, sendo capaz, também, de informar sobre o potencial fisiológico das sementes.

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi adaptar as metodologias de Teste Frio, Envelhecimento Acelerado, Condutividade Elétrica e lixiviação de potássio em lotes de sementes de arroz, para que se consiga

obter resultados eficientes em um menor tempo, assim auxiliando o controle interno.

2 Revisão de literatura

2.1 O arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) de forma genérica subdivide-se em três subespécies que são: indica, japônica e javânica. Na primeira incluem-se as variedades tropicais e subtropicais da Índia e China; na segunda as variedades de grãos curtos e redondos do Japão, China e península coreana; e a terceira inclui as variedades bulu (aristada) e gundil (sem arista) da Indonésia.

No mundo é um dos cereais mais cultivados, especialmente na Ásia onde concentra 90% da produção e consumo mundial, constituindo a base alimentar da população. Aproximadamente 150 milhões de hectares são semeados anualmente e a produção atinge cerca de 600 milhões de toneladas base casca. É um dos cereais mais cultivados no mundo com grande destaque do ponto de vista econômico e social, sendo superado em volume produzido somente pela cultura do trigo. Mas, se for considerada que mais de 80% do que é produzido da cultura do arroz é destinada ao consumo humano e da cultura do trigo que é utilizada em torno de 60% para consumo humano e ainda se for comparada ao milho em que é utilizado menos de 20% para consumo humano, sendo a cultura mais importante para o consumo humano no mundo, (EMBRAPA, 2018).

Universalmente o arroz é consumido em todos os continentes e representa 27% do consumo de energia e 20% do consumo de proteínas per capita necessárias ao homem (FAO, 2004). O consumo per capita de arroz demonstrou que houve uma queda de 8% no consumo per capita anual de arroz (Wander, 2011).

Do ponto de vista econômico é uma cultura de destaque regional em que o Brasil é o maior produtor de arroz da América latina utilizando-se de uma aérea semeada na safra 2018/2019 está estimada em 1,994 milhões de hectares, o qual se confirma como a maior já registrada no país.

Apresenta estimativa nacional de área na ordem de 1.694 mil hectares. Desse total, cerca de 80% (1.347,1 mil hectares) corresponde ao cultivo irrigado. A produção nacional atingiu 10.428,1 mil toneladas, apresentando um declínio em relação à safra passada de 13,6% (CONAB, 2019).

No Rio Grande do Sul, ocorreu uma redução na produtividade do estado, 11,2 milhões de t, queda de 7,1% em comparação com o período anterior (12,1 milhões de t). Essa redução se deve a ajustes principalmente na região Fronteira Oeste, a mais atingida pelos eventos climáticos de janeiro. Com o encerramento da colheita também se confirmou a área perdida por enchentes no estado, que ficou em torno de 35 mil hectares. O Estado responde por 70% da produção nacional de arroz. Além disso, a maior parte dos arrozais do Estado está concentrada nas regiões atingidas cerca de 45% das lavouras (CONAB, 2019).

2.2 Qualidade de sementes

A utilização de sementes de alta qualidade é um fator imprescindível para o estabelecimento adequado da população de plantas no campo, seu pleno desenvolvimento e produção, sendo um insumo básico em qualquer sistema de produção agrícola (DELOUCHE, 2005).

Entende-se que a qualidade de um lote de sementes compreende um conjunto de características que determinam seu valor para a semeadura, de modo que o potencial de desempenho das sementes somente pode ser identificado, de maneira consistente, quando é considerada a interação dos atributos de natureza genética (que envolve além da pureza varietal, outros aspectos como influência do ambiente como potencial de produtividade, resistência a pragas e moléstias, precocidade, qualidade do grão e resistência a condições adversas de solo e clima, entre outros). Física (pureza física, umidade, danos mecânicos, massa de 1000 sementes, aparência e peso volumétrico); fisiológica (expresso principalmente pelo vigor e germinação, além de dormência em algumas espécies) e sanitária (além da infecção e infestações das sementes por organismos patogênicos que podem afetar a germinação e vigor, a semente infectada pode se tornar o principal veículo de introdução de patógenos em algumas áreas). Assim, a qualidade das sementes é influenciada pelos quatro atributos juntos, sendo afetada negativamente se um dos atributos não for atendido (MARCOS FILHO, 2015; PESKE et al., 2012).

As características afetam a capacidade de estabelecimento e desenvolvimento da planta, podendo variar entre e dentro dos lotes em virtude de diferenças qualitativas presentes nas sementes, sob a interferência das circunstâncias ocorridas entre a sua formação e o momento de semeadura.

No entanto, a germinação e a pureza física são critérios de qualidade aceitos e determinados por análises de rotina em laboratórios para análise de sementes (BRASIL, 2013). Estes parâmetros são de grande importância para se avaliar a qualidade das sementes no mercado, todavia, nem sempre são eficientes. Os lotes de sementes aprovados pelas análises deveriam, além de apresentar elevada qualidade, manifestar alta capacidade de emergência em campo, o que, entretanto, pode não ocorrer (FRANCO et al., 2011).

O teste de germinação, utilizado para comercialização de sementes, tem sido empregado para medir a viabilidade e prever a emergência em campo, o que, via de regra, só ocorre quando a semeadura é realizada sob condições ideais. Tais condições raramente ocorrem e esse parâmetro de avaliação da viabilidade superestima a emergência das plântulas, em percentagem variável. Isto se deve ao fato de que o vigor das sementes integra fatores que vão além da simples viabilidade (FRANCO et al., 2011).

Atualmente, o maior interesse na avaliação a qualidade fisiológica das sementes é a obtenção de resultados confiáveis em período de tempo relativamente curto. Assim, cresce o interesse na utilização de testes de vigor para o controle interno da qualidade, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação, com objetivo de obter parâmetros mais sensíveis para ranqueamento de lotes, diminuindo riscos decorrentes da comercialização de lotes com baixa qualidade (MARCOS FILHO, 1999b; RODO e MARCOS FILHO, 2003; SANTOS, 2007).

Para os testes de vigor, as metodologias ainda são muito restritas, somente para algumas culturas e não são encontradas no Brasil, nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). No entanto, as regras da AOSA, usados nos EUA e no Canadá, tem-se verificado um crescimento significativo no uso de testes de vigor (TEKRONY, 1993). O mesmo é verificado nas regras internacionais da ISTA, que contempla os países da Europa e Nova Zelândia, como exemplo o teste de envelhecimento acelerado para soja; condutividade elétrica para ervilha, feijão e soja; deterioração controlada para as sementes de

brássicas e atualmente o comprimento da raiz primária em milho. No Brasil, esses testes têm muito a evoluir, de modo a participarem efetivamente, nos programas de controle de qualidade da indústria de sementes.

2.3 Vigor

O vigor de sementes, como definido pela “*International Seed Testing Association*” (ISTA, 2006), é um índice do grau de deterioração fisiológica e/ou integridade mecânica de um lote de sementes de alta germinação, representando sua ampla habilidade de estabelecimento no ambiente. A definição de vigor de sementes como formulada pela “*Association of Official Seed Analysts*” (AOSA, 1983) é semelhante. Para as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), vigor compreende um conjunto de características da semente que determina o potencial para a emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições de ambiente (MARCOS FILHO, 2015). Há consenso nacional e internacional entre os pesquisadores, tecnologistas e produtores de sementes sobre a importância do vigor de sementes e a necessidade de avaliá-lo.

O vigor é importante na avaliação de todas as espécies agrícolas comercializadas, pois seus resultados são expressos de acordo com seu real comportamento no campo, o que não ocorre com o teste padrão de germinação que é conduzido com temperatura e umidade ideal para as culturas.

O uso de testes de vigor é de grande utilidade no monitoramento da qualidade das sementes, a partir da maturidade, pois a redução de vigor precede a perda de viabilidade (DIAS e MARCOS FILHO, 1995). Portanto, o principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação de parâmetros adequados, comuns à deterioração das sementes, de forma que, quanto mais distante da perda da capacidade de germinação estiver o parâmetro empregado, mais promissor será o teste, fornecendo, assim, informações complementares àquelas obtidas através do teste padrão de germinação (AOSA, 2002).

A padronização de metodologias para os testes de vigor é importante, pois contribuiriam na tomada de decisões de uma empresa na venda de lotes

de sementes com o mesmo percentual germinativo, para definir o marketing de vendas e a capacidade de armazenamento para manter a qualidade, e não para substituir o teste de germinação. São importantes também para a seleção de lotes para semeadura, avaliação do potencial de emergência das plântulas no campo, avaliação do potencial de armazenamento, avaliação do grau de deterioração, controle de qualidade pós-maturidade, seleção de cultivares com qualidade fisiológica elevada durante programas de melhoramento genético, identificação ou diagnóstico de problemas, e para propaganda e promoção de vendas (PESKE et al., 2012).

Uma das alternativas é o teste de frio, cujo princípio baseia-se na avaliação da qualidade fisiológica de sementes sob condições adversas, é um dos testes de vigor mais utilizados em diversas regiões de clima temperado. É portanto, um teste de resistência, o lote de sementes que apresentar melhor desempenho sob condições adversas é considerado como sendo o mais vigoroso. De forma geral, se os resultados do teste de frio se aproximarem dos obtidos no teste padrão de germinação, há grande possibilidade de este lote apresentar capacidade para germinar sob uma ampla faixa de condições ambientais, basicamente em termos de conteúdo de água e a temperatura do solo (CÍCERO e VIEIRA, 1994).

Já o teste de condutividade elétrica, baseado 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 das mesmas (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987). Para a cultura do arroz, ainda não existe nenhuma metodologia padronizada para avaliar o vigor de sementes de arroz por condutividade elétrica.

Sendo assim, a elevada lixiviação de solutos das sementes é a primeira consequência da redução do vigor das sementes de um lote, causada por danos de embebição e pela deterioração. Esses fatores interagem entre si, pois sementes mais deterioradas são mais susceptíveis aos danos de embebição e, conseqüentemente, ao aumento de lixiviados na água de imersão (MATTHEWS e POWELL, 2006). Dentre os íons que aparecem em maior concentração na solução de embebição das sementes destacam-se o potássio,

o cálcio e o magnésio, que podem ser utilizados na determinação do vigor das sementes (FESSEL et al., 2005).

Já o teste de envelhecimento acelerado é reconhecido como um dos mais difundidos para a avaliação do vigor das sementes de várias espécies cultivadas, sendo capaz de proporcionar informações com alto grau de consistência (PEREIRA et al., 2015). Este teste consiste em avaliar a resposta das sementes, a partir de sua germinação, após as mesmas terem sido submetidas a condições adversas de temperatura e umidade relativa, com altas temperatura e umidade relativa, por determinado período de exposição (MARCOS FILHO, 2015).

A avaliação do potencial fisiológico é um componente essencial dos programas de controle de qualidade adotados por instituições produtoras, pois permite a adoção de práticas de manejo destinadas à garantia de nível satisfatório de desempenho das sementes.

Na tecnologia de sementes, uma das maiores dificuldades para avaliar a qualidade de sementes refere-se à metodologia para execução dos testes. Dessa forma, novos testes devem ser desenvolvidos para obter resultados efetivos e mais rápidos, na tentativa de prever a qualidade dos lotes que chegam ao laboratório. O principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação de parâmetros relacionados à deterioração de sementes, que precedam a perda da capacidade germinativa. Dentro deste contexto, e tendo o conhecimento de que a temperatura influencia na viabilidade e no vigor da semente, interferindo no seu processo respiratório, a verificação da qualidade fisiológica em sementes, através deste processo tem merecido especial atenção, pela alta relação entre este fenômeno e a qualidade da semente (MENDES et al., 2009 e MARINI et al., 2012).

2.3.1 Emergência a Campo

Os conceitos sobre vigor enfatizam o potencial de emergência e inúmeras pesquisas demonstram a existência de relação entre vigor e a emergência de plântulas. Conseqüentemente, os resultados de testes de vigor devem ser associados aos de emergência das plântulas em campo, para monitoramento de sua eficiência. A emergência de plântulas a campo ou

também chamado de teste de emergência a campo, visa determinar o vigor do lote de sementes, avaliando a percentagem de emergência de plântulas em condições de campo, sendo um teste semelhante ao teste de germinação, porém com condições de umidade, temperatura e luminosidade naturais, ou seja, sem controle de condições climáticas.

No campo, as sementes, estão sujeitas às condições adversas, tais como o excesso ou déficit hídrico, a obstrução mecânica imposta por compactação da camada de solo que as cobre e o ataque de microrganismos e insetos (PERRY, 1981). A porcentagem de emergência das plântulas em campo, às vezes, é menor do que a porcentagem de germinação obtida com o teste de germinação (JOHNSON e WAX, 1978). Em função disso e da procura de metodologia com sensibilidade suficiente para estimar com precisão a qualidade dos lotes de sementes, testes de vigor tem evoluído à medida que vêm sendo aperfeiçoados; ganhando precisão e reprodutibilidade de seus resultados, o que é de fundamental importância nas decisões que devem ser tomadas nas fases de produção e comercialização dos lotes, evitando o beneficiamento, transporte, comercialização e semeadura de material de qualidade inadequada (KRZYANOWSKI e FRANÇA NETO, 1991).

Pesquisas afirmam que o alto vigor de sementes pode ter uma influência positiva na emergência de plântulas em campo, porém, a magnitude desta influência pode ser modificada pelo ambiente no qual a semente se encontra (BURRIS, 1976). Assim, quanto mais próximas do ambiente ideal forem às condições para o processo de germinação e emergência no campo, maior será a relação entre o vigor determinado em laboratório e a emergência em campo, quando as condições de semeadura forem favoráveis, em comparação a condições adversas, concretizando-se a importância de se definir testes de vigor que sejam representativos. Sabe-se que a estimativa da porcentagem de emergência em campo é afetada por vários fatores, no entanto, este método empregado é considerado um dos mais eficientes (MARCOS FILHO, 2015). Quanto maior o percentual de emergência de plântulas a campo, maior o vigor do lote de sementes, é um teste relacionado diretamente à qualidade.

O teste de emergência a campo tem a vantagem de verificar de forma eficiente o efeito do tratamento de sementes e o grande inconveniente dos testes que se baseiam no desempenho das plântulas é a necessidade de que

as sementes germinem para, a seguir, avaliar-se o vigor. Esse fato os torna inviáveis para as sementes que apresentam dormência, pois o próprio tratamento empregado para a superação dessa dormência poderá afetar os resultados da avaliação.

2.3.2 Teste Frio

O teste de frio surgiu da necessidade de estimar a emergência de plântulas mediante procedimento mais abrangente que a determinação da viabilidade ou da germinação. Por isso, não é surpreendente que um teste com a utilização de terra para estimar a emergência de plântulas tenha sido o primeiro teste utilizado regularmente pela indústria de sementes para avaliar o vigor (MARCOS FILHO, 2015).

No início dos anos 1940, o teste de frio passou a ser utilizado rotineiramente pelas empresas produtoras de sementes para composição de programas de controle de qualidade, na América do Norte; porém na Europa, somente a partir 1976 o teste começou a receber maior atenção da pesquisa e de empresas produtoras de sementes (TEKRONY, 1983).

Trata-se do teste mais popular entre pesquisadores e tecnólogos de sementes nos EUA, empregado principalmente para avaliação do vigor de sementes de milho, embora haja utilização em outras espécies. Este procura avaliar a resposta de amostras de sementes submetidas à combinação de baixa temperatura, alto teor do substrato e, se possível, agentes patogênicos.

O vigor é diretamente proporcional ao grau de sobrevivência das sementes expostas a essas condições; com isto, procura-se estimar o comportamento de lotes de sementes quando ocorre a redução da temperatura, acompanhada pela elevação da disponibilidade de água, na época da instalação da cultura (MARCOS FILHO, 2015).

Os resultados do teste de frio seriam comparáveis ou representariam a mais baixa germinação que poderia ser obtida da amostra avaliada, em contraste com a verificada no teste de germinação (HAMPTON e TEKRONY, 1995).

2.3.3 Envelhecimento Acelerado

O teste de envelhecimento acelerado, que avalia o comportamento de sementes submetidas à temperatura e umidade relativa elevada, foi desenvolvido por Delouche (1976), procurando estimar o potencial relativo de armazenamento de lotes de trevo e de festuca. Essa sugestão foi aceita e divulgada por diversos pesquisadores e o teste de envelhecimento passou a ser incluído em inúmeros projetos de pesquisa e seus resultados rapidamente difundidos pelos tecnologistas de sementes. A metodologia, descrita com maiores detalhes por Delouche e Baskin (1973), passou a ser estudada com maior profundidade, resultando em importantes contribuições dirigidas à padronização do teste (BASKIN, 1981).

Este teste consiste em avaliar a resposta das sementes, a partir de sua germinação, após as mesmas terem sido submetidas à temperatura elevada e umidade relativa do ar próxima a 100%, por determinado período de exposição (ROSSETO e MARCOS FILHO, 1995).

O grau inicial de umidade das sementes é a principal causa para a desuniformidade dos resultados. Sementes com baixo percentual de umidade; dificuldade de manutenção da umidade relativa dentro da câmara de envelhecimento; espécie e cultivar utilizados; tempo e temperatura de exposição são os principais efeitos utilizados para o envelhecimento acelerado (MELLO e TILLMANN, 1987).

Para a realização deste teste existem diferentes métodos como o da câmara e o do gerbox, sendo este o mais utilizado. No primeiro método, as amostras são colocadas no interior da estufa, sobre prateleiras, permanecendo em ambiente úmido de 40 a 45°C, durante um período variável de acordo com cada espécie. Já o método de gerbox, apresenta maior precisão e facilidade de padronização quando comparado ao anterior. A câmara externa deve estar regulada a uma temperatura de 40 a 45°C com uma variação máxima de 0,3°C. Independentemente do método utilizado para a realização do teste, deve-se ter cuidado com os fatores que podem afetar os resultados, sendo que os mais

limitantes são a temperatura, período de exposição das sementes, grau de umidade e abertura da câmara durante o teste (KRZYANOWSKI et al., 1999).

O teste é utilizado para avaliar o vigor de sementes de diversas espécies e incluído em programas de controle de qualidade conduzidos por empresas produtoras de sementes, pois, em poucos dias, pode-se obter informações relativamente seguras sobre o potencial de armazenamento dos lotes processados e, dependendo do histórico do lote, do potencial de emergência das plântulas em campo (FRIGERI, 2007).

2.3.4 Condutividade Elétrica

A deterioração das sementes inicia pela degradação dos sistemas de membranas, métodos que avaliam esta degradação são os mais indicados para diferenciar lotes com pequenas diferenças de vigor, detectando o processo de deterioração em sua fase inicial (DESAI et al., 1997; KRZYANOWSKI et al., 1999). Dentre esses métodos, destaca-se o teste de condutividade elétrica (VIEIRA, 1994), que relaciona o vigor de sementes com a integridade do sistema de membranas celulares (MAECHI e CÍCERO, 2002).

O teste de condutividade elétrica foi proposto por Matthews e Bradnock (1967) para estimar o vigor de sementes de ervilha. Esse teste avalia a quantidade de eletrólitos liberada pelas sementes durante a embebição, que está, diretamente, relacionada à integridade das membranas celulares (MATHEWS e POWELL, 1981). Segundo a AOSA (1983), as membranas mal estruturadas e células danificadas estão, geralmente, associadas com o processo de deterioração da semente e, portanto, com sementes de baixo vigor.

O teste de condutividade elétrica é considerado um importante método para avaliação do potencial fisiológico das sementes (DIAS e MARCOS FILHO, 1995). Para a condução do teste devem ter alguns cuidados para que não comprometam os resultados obtidos, como: características das sementes (retirada ou não da pálea e lema, se for o caso); dano mecânico ou de insetos detectados visualmente (menor ou maior que 10%); tamanho das sementes (quanto menores as sementes mais reduzida à quantidade de lixiviados); genótipo (espessura do tegumento, presença ou não de lignina no tegumento);

teor de água inicial das sementes (entre 10-17%) e se as sementes são tratadas ou não (produtos como carboxin, thiran e captan não alteram a leitura) (AOSA, 1983 e MARCOS FILHO, 2015).

O teste de condutividade elétrica massal mede a qualidade de uma amostra de sementes através de sua imersão em água e a medição da condutividade da solução de imersão (DIAS e MARCOS FILHO, 1995). A quantidade de eletrólitos liberados pela semente na água é proporcional ao grau de desorganização das membranas celulares e, conseqüentemente a sua permeabilidade.

A maioria das pesquisas realizadas com condutividade elétrica massal foi desenvolvida com sementes de leguminosas, principalmente ervilha e soja, porem, devido à importância do teste, vários estudos estão sendo realizados com outras espécies: oleícolas, florestais, poáceas e forrageiras.

2.3.5 Lixiviação de Potássio

Testes rápidos de vigor são associados com a determinação das atividades enzimáticas e respiratórias e com a integridade da membrana celular, como os testes de tetrazolio e de condutividade elétrica (ABDUL-BAKI e BAKER, 1973).

O processo de deterioração das sementes tem como consequência inicial à desestruturação do sistema de membranas celulares, através de radicais livres (CARVALHO, 1994) e a organização das membranas é máxima na maturidade fisiológica (ABDUL; BAKI, 1980). À medida que as sementes perdem água, ocorre a desorganização das membranas celulares.

Durante o processo de imersão das sementes, ocorre a lixiviação de solutos citoplasmáticos no meio líquido, proporcionalmente ao estado de desorganização das membranas e inversamente proporcional à velocidade das membranas se reorganizarem (VIEIRA, 1994). Dentre os lixiviados liberados na solução de imersão estão: açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons orgânicos (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++}).

A elevada lixiviação de solutos das sementes é a primeira consequência da redução do vigor das sementes de um lote, causada pela deterioração e por danos de embebição, os quais interagem entre si, pois sementes mais

deterioradas são mais susceptíveis ao dano de embebição e, conseqüentemente, ao aumento de lixiviados na água de imersão (MATTHEWS e POWELL. 2006).

O teste de lixiviação de potássio baseia-se em principio semelhante ao do teste de condutividade elétrica, porém visa à determinação da quantidade de íons de potássio liberada pelas sementes durante a imersão (DIAS; MARCOS FILHO, 1995), com a vantagem adicional de fornecer informações sobre a qualidade fisiológica dos lotes em período de tempo consideravelmente reduzido em relação à condutividade elétrica, o que o torna um índice rápido da avaliação de sementes para algumas espécies.

O íon de potássio é o principal elemento em termos de quantidade lixiviada. Muitos íons diferentes permeiam simultaneamente as membranas de células vivas, mas o íon potássio tem a concentração mais elevada e a maior permeabilidade em células vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2018). A quantidade de potássio liberada por sementes embebidas tem sido utilizada como indicador da integridade do sistema de membranas celulares.

3 Capítulo 1- Adaptações metodológicas do teste de frio para sementes de arroz

3.1 Introdução

Várias técnicas para análise de semente conhecida como testes de vigor foram desenvolvidas, fornecendo informações próximas ao desempenho em campo. Os testes habilitam o produtor e usuário de semente a determinar e comparar o vigor de diferentes lotes antes que sejam comercializados (McDONALD, 1988), fornecendo inclusive, informações para fins de semeadura.

Diversos segmentos do setor de produção de semente de grandes culturas têm demonstrado grande interesse na utilização de testes de vigor que avalie adequada e seguramente a qualidade fisiológica da semente. Assim, testes que forneçam resultados confiáveis merecem cada vez mais atenção por parte dos pesquisadores.

O teste de frio é um dos mais antigos e populares testes para avaliação do vigor de sementes. Foi desenvolvido, inicialmente, para avaliar o potencial fisiológico de semente de milho, procurando simular condições desfavoráveis (excesso de água, baixas temperaturas e presença de fungos do solo) que ocorrem, com frequência, durante a época de semeadura na área denominada Cinturão do Milho, nos EUA (CÍCERO e VIEIRA, 1994).

O teste de frio visa à avaliação dos efeitos da combinação de baixa temperatura e alta umidade do substrato, identificando diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes de arroz submetidas a esse tipo de estresse (CASEIRO e MARCOS FILHO, 2000).

A eficiência do teste de frio foi comprovada experimentalmente por diversos pesquisadores e foi sugerido seu uso na seleção de linhagens de milho antes do período de semeadura, dado sua sensibilidade em prognosticar o desempenho das sementes em campo. Esse teste tem sido utilizado com sucesso, também, para diferenciar níveis de vigor relacionados com a forma, peso, tamanho e tratamento de sementes (MARCOS FILHO et al., 1977; SILVA e MARCOS FILHO, 1979).

No Brasil, tem sido utilizado por empresas produtoras de sementes, principalmente nos estados do Sul e Sudeste, onde lavouras de algodão, milho,

arroz e soja podem ser semeadas entre o início do mês de setembro e meados de outubro. Nessa época, é comum a queda acentuada de temperatura e, dependendo do nível de vigor dos lotes de sementes, podem ser verificados sérios problemas na emergência das plântulas em campo (KRZYZANOWSKI et al., 1991).

Segundo Oliveira, (1997) a ocorrência destas temperaturas baixas nas fases iniciais pode causar danos no estabelecimento e estande inicial da lavoura de arroz, mais tardiamente, pode provocar perdas no rendimento de grãos devido à esterilidade das espiguetas.

Assim o objetivo deste trabalho é adaptar uma metodologia do teste de frio onde exponha as sementes de arroz ao estresse e consiga obter um resultado rápido e que possa ser correlacionado ao teste de emergência a campo.

3.2 Material e Métodos

O presente estudo foi instalado e conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes, Flávio Farias Rocha do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Capão do Leão, RS.

Foram utilizadas sementes de arroz, produzidas no sul do Brasil da cultivar IRGA 424 RI, representadas por 58 lotes de sementes.

A pesquisa foi realizada em duas etapas: primeiramente foi feito a caracterização dos lotes; seguido das adaptações de metodologia do teste de frio.

Nesta primeira etapa na caracterização dos lotes, foram realizados os seguintes testes de qualidade fisiológica:

Teste de germinação

Utilizaram-se 4 repetições de 200 sementes para cada lote (cada repetição com 4 sub-amostras de 50 sementes), fazendo o uso de papel germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, sendo conduzido a temperatura constante de 25°C. A avaliação foi

realizada no décimo quarto dia após a sementeira, segundo critério estabelecido nas RAS (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de total de plântulas, parte aérea e raiz

Utilizou-se o comprimento médio de 10 plântulas normais e de suas partes (parte aérea e raiz) tomadas ao acaso. As sementes foram semeadas em papel toalha umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato, em quatro repetições de 20 sementes e levadas ao germinador à temperatura de 25 °C. As sementes foram semeadas no terço superior do papel substrato no sentido longitudinal. Após o período de cinco dias em germinador, foram escolhidas aleatoriamente 10 plântulas normais submetidas a medições do comprimento total da plântula, o comprimento da parte aérea e da raiz, com auxílio de uma régua graduada em milímetros. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, com resultados expressos em centímetros (cm).

Teste de emergência em campo

Foi conduzido em canteiros, tendo como substrato solo oriundo de horizonte A de um planossolo na cidade de Pelotas/RS. Para cada lote foram utilizadas 4 linhas de 1,20 metros de comprimento, com espaçamento de 10 centímetros entre linhas, sendo distribuídos ao acaso os lotes em cada linha dentro dos blocos. Foram semeadas 50 sementes por linha e a contagem realizada aos 21 dias após a sementeira, onde ocorreu a estabilização da emergência das plântulas. A irrigação dos canteiros foi realizada com regador plástico de 5 litros, colocando em torno de 5 litros por metro quadrado.

Após a caracterização fisiológica dos 58 lotes, foram selecionados 21 lotes com germinação semelhante e estratificados em três níveis de vigor sendo eles alto, médio e baixo como se pode observar na Tabela 2. Ocorreu essa seleção para dar início a segunda fase do trabalho, onde submetemos os lotes de sementes a oito metodologias do teste de frio.

Para a estratificação dos lotes, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os resultados dos testes

foram comparados pelo teste Scott-knott em nível de 5% de probabilidade, utilizando software Genes.

As metodologias alternativas estão descritas na Tabela 1, modificando temperaturas, períodos, durante o pré-tratamento e exposição na BOD.

Tabela 1. Descrição das oito metodologias alternativas do teste de frio realizadas com os 21 lotes selecionados acima. Estando descrito a metodologia do teste, o pré-tratamento utilizado, o período de exposição no pré-tratamento, temperatura e o período de exposição do teste na BOD. Pelotas, 2019.

METODOLOGIA	PRÉ-TRATAMENTO (30°C)	PERÍODO (min)	TEMPERATURA BOD (°C)	PERÍODO BOD (dias)
A	-	-	5-10	7
B	BOD	15	2	2
C	BOD	15	4	2
D	BOD	15	4	4
E	BOD	15	5	2
F	BOD	15	5	4
G	BOD	15	7	2
H	BOD	15	7	4

Conforme visto na Tabela 1, abaixo segue a descrição detalhada das oito metodologias realizadas para o teste de frio.

Metodologias A- foi realizado o procedimento padrão para o teste de frio. Foram semeadas 50 sementes por repetição, utilizando quatro repetições, totalizando 200 sementes. Estas foram semeadas em rolos de papel germitest, usando duas folhas dobradas ao meio, umedecidas conforme a RAS para o teste germinação, sendo 2,5 vezes o peso do papel substrato. Os rolos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de umidade, e mantidos em incubadora tipo BOD à temperatura de 5-10°C e mantidos por sete dias, após este período os mesmos foram transferidos para germinador a 25°C, realizando-se as avaliações da germinação após cinco dias (BRASIL, 2009). A interpretação do teste foi realizada computando-se as porcentagens de plântulas normais por repetição.

B- foram semeadas 50 sementes por repetição, utilizando quatro repetições, totalizando 200 sementes. Estas foram semeadas em rolos de papel germitest,

usando duas folhas dobradas ao meio, umedecidas conforme a RAS para o teste germinação, sendo 2,5 vezes o peso do papel substrato. Os rolos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de umidade, após foi realizado um pré-tratamento em incubadora do tipo BOD em temperatura de 30°C por um período de 15 minutos. Posteriormente levados à incubadora do tipo BOD a temperatura de 2°C e mantidos por dois dias, após este período os mesmos foram transferidos para germinador a 25°C, realizando-se as avaliações da germinação após cinco dias (BRASIL, 2009). A interpretação do teste foi realizada computando-se as porcentagens de plântulas normais por repetição.

C- foram semeadas 50 sementes por repetição, utilizando quatro repetições, totalizando 200 sementes. Estas foram semeadas em rolos de papel germitest, usando duas folhas dobradas ao meio, umedecidas conforme a RAS para o teste germinação, sendo 2,5 vezes o peso do papel substrato. Os rolos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de umidade, após foi realizado um pré-tratamento em incubadora do tipo BOD em temperatura de 30°C por um período de 15 minutos. Posteriormente levados à incubadora do tipo BOD a temperatura de 4°C e mantidos por dois dias, após este período os mesmos foram transferidos para germinador a 25°C, realizando-se as avaliações da germinação após cinco dias (BRASIL, 2009). A interpretação do teste foi realizada computando-se as porcentagens de plântulas normais por repetição.

D- foram semeadas 50 sementes por repetição, utilizando quatro repetições, totalizando 200 sementes. Estas foram semeadas em rolos de papel germitest, usando duas folhas dobradas ao meio, umedecidas conforme a RAS para o teste germinação, sendo 2,5 vezes o peso do papel substrato. Os rolos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de umidade, após foi realizado um pré-tratamento em incubadora do tipo BOD em temperatura de 30°C por um período de 15 minutos. Posteriormente levados à incubadora do tipo BOD a temperatura de 4°C e mantidos por quatro dias, após este período os mesmos foram transferidos para germinador a 25°C, realizando-se as avaliações da germinação após cinco dias (BRASIL, 2009). A interpretação do teste foi realizada computando-se as porcentagens de plântulas normais por repetição.

E- foram semeadas 50 sementes por repetição, utilizando quatro repetições, totalizando 200 sementes. Estas foram semeadas em rolos de papel germitest, usando duas folhas dobradas ao meio, umedecidas conforme a RAS para o teste germinação, sendo 2,5 vezes o peso do papel substrato. Os rolos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de umidade, após foi realizado um pré-tratamento em incubadora do tipo BOD em temperatura de 30°C por um período de 15 minutos. Posteriormente levados à incubadora do tipo BOD a temperatura de 5°C e mantidos por dois dias, após este período os mesmos foram transferidos para germinador a 25°C, realizando-se as avaliações da germinação após cinco dias (BRASIL, 2009). A interpretação do teste foi realizada computando-se as porcentagens de plântulas normais por repetição.

F- foram semeadas 50 sementes por repetição, utilizando quatro repetições, totalizando 200 sementes. Estas foram semeadas em rolos de papel germitest, usando duas folhas dobradas ao meio, umedecidas conforme a RAS para o teste germinação, sendo 2,5 vezes o peso do papel substrato. Os rolos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de umidade, após foi realizado um pré-tratamento em incubadora do tipo BOD em temperatura de 30°C por um período de 15 minutos. Posteriormente levados à incubadora do tipo BOD a temperatura de 5°C e mantidos por quatro dias, após este período os mesmos foram transferidos para germinador a 25°C, realizando-se as avaliações da germinação após cinco dias (BRASIL, 2009). A interpretação do teste foi realizada computando-se as porcentagens de plântulas normais por repetição.

G- foram semeadas 50 sementes por repetição, utilizando quatro repetições, totalizando 200 sementes. Estas foram semeadas em rolos de papel germitest, usando duas folhas dobradas ao meio, umedecidas conforme a RAS para o teste germinação, sendo 2,5 vezes o peso do papel substrato. Os rolos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de umidade, após foi realizado um pré-tratamento em incubadora do tipo BOD em temperatura de 30°C por um período de 15 minutos. Posteriormente levados à incubadora do tipo BOD a temperatura de 7°C e mantidos por dois dias, após este período os mesmos foram transferidos para germinador a 25°C, realizando-se as avaliações da germinação após cinco dias (BRASIL, 2009). A interpretação do

teste foi realizada computando-se as porcentagens de plântulas normais por repetição.

H- foram semeadas 50 sementes por repetição, utilizando quatro repetições, totalizando 200 sementes. Estas foram semeadas em rolos de papel germitest, usando duas folhas dobradas ao meio, umedecidas conforme a RAS para o teste germinação, sendo 2,5 vezes o peso do papel substrato. Os rolos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de umidade, após foi realizado um pré-tratamento em incubadora do tipo BOD em temperatura de 30°C por um período de 15 minutos. Posteriormente levados à incubadora do tipo BOD a temperatura de 7°C e mantidos por quatro dias, após este período os mesmos foram transferidos para germinador a 25°C, realizando-se as avaliações da germinação após cinco dias (BRASIL, 2009). A interpretação do teste foi realizada computando-se as porcentagens de plântulas normais por repetição.

Para análise estatística foi utilizado Software Genes, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, sendo oito metodologias x 21 lotes de sementes de arroz, dispostos em quatro repetições. Os resultados dos testes foram comparados pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

Calcularam-se também, os coeficientes de correlação simples (r) para as combinações do teste de frio com o teste de emergência a campo. A significância dos valores de r foi determinada pelo teste em 5% e 1% de probabilidade.

3.3 Resultados e Discussão

Inicialmente na Tabela 2 estão os resultados da qualidade fisiológica inicial dos 21 lotes de sementes de arroz: germinação (G), emergência a campo (EC), comprimento total de plântula (CTP), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CPR). Pode-se observar para a variável de germinação que não houve uma diferença significativa entre os lotes, os quais todos apresentam médias semelhantes. O teste de germinação é realizado sob condições controladas de temperatura, teor de água, e luz. Dessa forma é possibilitado às sementes expressarem seu máximo poder germinativo e vigor

sem que haja interferências externas indesejáveis (FERREIRA e BORGHETTI, 2004).

Apesar da ampla utilização, o teste de germinação apresenta algumas limitações como: não detecta o progresso de deterioração, não discrimina lotes de sementes com relação à rapidez e uniformidade de formação das plântulas e não garante o desempenho em campo e no armazenamento. Devido a essas limitações do teste de germinação, houve uma necessidade de uma estimativa mais segura do potencial fisiológico das sementes como visto na Tabela 2.

O teste de emergência a campo, que este é considerado um dos principais testes de vigor, por proporcionar as sementes condições ambientais mais próximas da realidade do campo, avalia o vigor relativo entre lotes, bem como a capacidade das sementes de produzirem plantas em campo (PESKE et al., 2012). A uniformidade e rapidez de emergência das plântulas são componentes importantes do desempenho, afetando diretamente o estabelecimento do estande. Em lotes vigorosos há maior eficiência na transferência da matéria seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário e isto se reflete no crescimento das plântulas (MARCOS-FILHO, 2015). Quando as condições ambientais se desviam daquelas adequadas, os resultados de emergência das plântulas podem ser inferiores aos obtidos na germinação em laboratório. Devido a isto as informações dos testes de vigor complementam as do teste de germinação (PESKE et al., 2012).

Na variável de emergência a campo conseguimos estratificar os 21 lotes em diferentes níveis de vigor, sendo os lotes 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 de alto vigor por apresentarem melhores desempenhos fisiológicos nas condições do teste de emergência a campo. Já os lotes 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 são os lotes de médio vigor. E os lotes que apresentaram um menor desempenho fisiológico estão no nível de baixo vigor, sendo eles 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 segundo a Tabela 1.

O vigor não surgiu para identificar um processo fisiológico definido da semente, mas para identificar manifestações de seu comportamento em campo e durante o armazenamento, foi introduzido diante da inexistência de parâmetros eficientes para explicar dúvidas frequentes sobre o desempenho das sementes quando expostas a condições menos favoráveis (CARVALHO, 1986). Essas manifestações até então inexplicáveis, como o desempenho

deficiente de lotes com germinação elevada após a semeadura no campo e durante o armazenamento ou as diferenças no comportamento de lotes de sementes com germinação semelhante (MARCOS-FILHO, 2015). A mesma situação foi visualizada por Van der Venter (2001), onde dois lotes com a mesma porcentagem de germinação, determinada em laboratório obtiveram desempenhos diferentes, dependendo da intensidade e tipos de estresse a que são expostos e do nível de vigor das sementes.

O vigor de sementes compreende as propriedades da semente que determinam o potencial para a emergência e desenvolvimento rápido e uniforme de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambientais. Devido a isso a importância de saber o potencial fisiológico dos lotes estratificando-se em de alto, médio e baixo vigor, ocorrendo da mesma forma no trabalho, segundo a Tabela 2.

Em trabalho realizado por Hoffmann et al., (2004) verificam, em dois anos agrícolas, comparando lotes de sementes de níveis de vigor e diferentes densidades de semeadura, influencia positiva do vigor sobre a produtividade, quando havia diferenças no estado de parcelas originadas de sementes de alto e baixo vigor. O uso de lotes de maior vigor pressupõe maior uniformidade na emergência de plântulas. Egli e Rucker (2012) avaliaram essa hipótese em lotes de alta germinação, mas com diferenças de vigor, estimado pelo teste de frio sob saturação.

As diferenças entre plântulas são, na maioria das vezes, bastante visíveis, todavia há necessidade de valores numéricos para separar aquelas mais vigorosas. Para isso, a determinação do comprimento médio das plântulas normais ou partes destas é realizada, tendo em vista que as amostras que apresentam os maiores valores médios são as mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999). De acordo com Dan et al., (1987), isso ocorre devido ao fato das sementes mais vigorosas originarem plântulas com maior taxa de crescimento, em função da maior translocação das reservas dos tecidos de armazenamento para o crescimento do eixo embrionário.

O teste de comprimento de plântulas foi realizado na qualidade fisiológica inicial por ser um teste bastante utilizado e que neste trabalho não realizamos adaptações de metodologia para o mesmo. Porém não houve diferença significativa entre os lotes em nenhuma das variáveis do teste de

comprimento de plântulas (CPT, CPA, CPR) segundo a Tabela 2. Os dados corroboram com os encontrados por Borsato et al., (2000) onde o comprimento de plântulas em sementes de (*Avena sativa* L.), as quais não foram sensíveis para separar dos lotes em níveis de vigor.

Tabela 2. Qualidade inicial dos 21 lotes selecionados com germinação semelhante e níveis de vigor diferente, sendo realizados os testes Germinação (%), Emergência a campo (%), Comprimento de plântula total (cm), Comprimento de parte aérea (cm), Comprimento de raiz (cm). Pelotas, 2019.

Lote	G(%)	EC(%)	CPT(cm)	CPA(cm)	CPR(cm)
1	94 a	89 a	10,9 a	2,65 a	8,26 a
2	93 a	85 a	12,2 a	3,28 a	8,56 a
3	94 a	88 a	9,77 a	2,36 a	7,42 a
4	94 a	84 a	10,45 a	2,67 a	7,45 a
5	95 a	84 a	10,75 a	2,27 a	6,32 a
6	95 a	84 a	11,2 a	2,5 a	8,46 a
7	94 a	84 a	9,27 a	2,4 a	6,71 a
8	94 a	75 b	11,25 a	2,75 a	8,35 a
9	91 a	71 b	10,01 a	2,61 a	7,43 a
10	96 a	76 b	9,81 a	2,63 a	6,38 a
11	94 a	74 b	10,75 a	2,58 a	8,11 a
12	93 a	76 b	11,06 a	2,88 a	7,92 a
13	95 a	71 b	12,93 a	2,76 a	10,23 a
14	94 a	70 b	10,61 a	2,73 a	7,87 a
15	94 a	64 c	8,96 a	2,36 a	6,52 a
16	96 a	65 c	10,25 a	2,8 a	7,3 a
17	91 a	62 c	9,58 a	2,57 a	6,8 a
18	93 a	67 c	9,15 a	2,52 a	6,66 a
19	93 a	61 c	10,12 a	2,82 a	7,5 a
20	95 a	62 c	10,28 a	2,86 a	7,56 a
21	93 a	67 c	9,05 a	2,3 a	6,33 a
CV(%)	0,55	12,12	6,12	5,75	7,46

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

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do teste frio e das adaptações metodológicas deste teste utilizadas neste trabalho, onde se verifica diferença entre os lotes, comparando com o desempenho fisiológico inicial dos lotes e da estratificação em diferentes níveis de vigor apresentados na Tabela 2.

Na Tabela 3 a primeira variável avaliada, identificada como metodologia A (BOD a 5-10°C por 7 dias) é a mais utilizada em testes de frio para sementes de arroz. Após o período de incubação foram levadas as condições ideais de germinação (BRASIL, 2009). Para esta variável a maioria dos lotes não diferiram entre si, mantendo-as a maioria como lotes de alto vigor, e apenas seis lotes se diferiram dos demais, apresentando um desempenho fisiológico de médio vigor, porém não seguindo o desempenho fisiológico inicial. Para MARCOS-FILHO, (2015) a inabilidade do teste para detectar, com precisão, diferentes níveis de vigor entre alguns lotes de sementes ou para determinadas espécies, talvez possa ser atribuída ao uso de temperaturas menos adequadas, pois, geralmente, tem sido recomendada sempre a mesma temperatura para todas as espécies. Por exemplo, Fanan et al., (2006) verificam que a condução do teste frio em sementes de trigo, segundo o mesmo procedimento utilizado para milho não permitiu detectar diferenças de vigor entre amostras avaliadas. Diferente de Kappes, Carvalho e Yamashita (2009) e Mendes et al., (2010), que obtiveram sucesso na classificação de lotes de sementes de soja e mamona, respectivamente, em níveis de vigor ao utilizarem o teste de frio em rolo de papel sem solo a 10 °C por sete dias com avaliação final aos cinco dias após exposição a 25 °C para a retomada do processo germinativo e do desenvolvimento das plântulas.

Para as variáveis B, C, D e E que foram expostas a baixas temperaturas por poucos dias, sendo (pré-tratamento de 30°C por 15 minutos e BOD a 2° por 2 dias, pré-tratamento de 30°C por 15 minutos e BOD a 4°C por 2 dias, pré-tratamento de 30°C por 15 minutos e BOD A 4°C por 4 dias e pré-tratamento de 30°C por 15 minutos e BOD a 5°C por 2 dias), respectivamente, não houve diferença significativa entre os lotes segundo a Tabela 2. Os resultados do teste, porém, por serem próximos aos obtidos no teste de germinação, indicam que o efeito da combinação de baixas temperaturas e alta umidade não foi muito drástico e os lotes testados tinham capacidade para germinar sob amplas variações de conteúdo de água e temperatura, como preveem (MARCOS FILHO et al., 1987).

Diferente de Oliveira et al., (2015) que mesmo nos períodos menos intensos de frio foi possível estratificar os lotes de sementes em níveis de

vigor para sementes de pinhão manso. Resultados semelhantes foram observados por Guiscem et al., (2010) ao estudarem o comportamento de sementes de feijão frade (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) ao teste de frio em rolo de papel sem solo em diversas variações de temperatura e períodos de exposição à baixa temperatura.

Para a metodologia F (pré-tratamento de 30°C por 15 minutos e BOD a 5°C por 4 dias) houve uma maior diferenciação entre os lotes, sendo os de alto vigor os que mais diferiram entre si, sendo que alguns lotes obtiveram uma queda nas medias comparando-as com as da emergência a campo. Já os lotes de médio e baixo vigor, também houve diferença significativa entre os lotes segundo a Tabela 2. Observando que as medias do resultado do teste de frio foram superiores quando comparadas com o teste de emergência a campo. Um fator importante é que não é coerente considerar que a germinação após o estresse promovido pelo teste de frio seja menor que a resposta esperada pela amostra, pois isto depende muito do genótipo (sensibilidade à baixa temperatura) e do histórico do lote (MARCOS-FILHO, 2015).

Conforme comentam Medina & Marcos Filho (1990) um lote de sementes pode ser vigoroso em um aspecto, mas não em outros, dependendo do tipo de comportamento avaliado e/ou de estresses qualitativamente diferentes.

Segundo Krzyzanowsky et al., (1991), o teste de frio pode funcionar como um instrumento de grande valor para a seleção prévia de lotes de sementes que apresentam bom potencial de emergência em solos frios e úmidos, condições estas que são normalmente encontradas em semeaduras a partir de setembro a meados de outubro na região Sul do Brasil.

A metodologia G (Pré-tratamento de 30°C por 15 minutos e BOD 7°C por 2 dias) os lotes obtiveram um comportamento mais similar a metodologia A (BOD a 5-10°C por 7 dias), onde os lotes foram estratificados entre alto e médio vigor, diferindo-se da estratificação da qualidade inicial. Já Oliveira et al., (2015), encontrou resultados semelhantes ao da emergência a campo utilizando diferentes metodologias do teste frio, trabalhando com sementes de pinhão manso.

Para a metodologia H (Prá-tratamento de 30°C por 15 minutos e BOD a 7°C por 4 dias) foi a que mais estratificou os lotes entre alto, médio e baixo

vigor, entretanto também não se assemelham com o desempenho fisiológico da Tabela 2. Diferentemente do que foi previsto por Bruggink et al., (1991), Kikuti, Pinho e Resende (1999) e Miguel et al., (2001), que verificaram que o aumento do período de exposição ao frio traz como consequência a redução do potencial fisiológico de sementes de milho e algodão.

Pode-se observar que o teste frio através de algumas metodologias conseguiu fazer a estratificação dos lotes, porém nenhuma delas estratificou igual ao teste de emergência a campo. As gramíneas armazenam principalmente amido no endosperma, o estresse frio + alta umidade geralmente provoca danos menos intensos que os verificados em sementes de leguminosas, que apresentam teor elevado de proteínas e, com isso, avidez por água.

Tabela 3. Resultados médios obtidos por oito metodologias do Teste de Frio (%), em 21 lotes de sementes de arroz. Pelotas-RS, UFPel, 2019.

Lote	A	B	C	D	E	F	G	H
1	86 a	87 a	84 a	84 a	80 a	80 a	78 a	76 b
2	70 b	83 a	83 a	83 a	76 a	87 b	75 a	79 b
3	70 b	92 a	86 a	91 a	81 a	86 a	64 b	86 a
4	80 a	95 a	86 a	85 a	75 a	83 a	87 a	77 b
5	81 a	85 a	85 a	93 a	68 a	76 b	55 b	65 c
6	84 a	84 a	82 a	85 a	77 a	74 b	57 b	70 c
7	79 a	85 a	88 a	85 a	74 a	59 c	64 b	83 a
8	82 a	88 a	80 a	82 a	76 a	77 b	70 b	78 b
9	83 a	86 a	83 a	89 a	80 a	84 a	72 a	85 a
10	78 a	86 a	83 a	86 a	74 a	85 a	69 b	78 b
11	80 a	84 a	86 a	88 a	78 a	81 a	74 a	88 a
12	76 b	82 a	89 a	87 a	72 a	80 a	70 b	78 b
13	81 a	87 a	90 a	84 a	69 a	88 a	73 a	68 c
14	77 a	84 a	78 a	87 a	75 a	85 a	85 a	76 b
15	80 a	85 a	80 a	89 a	78 a	76 b	76 a	90 a
16	75 b	85 a	79 a	87 a	67 a	78 b	76 a	81 a
17	80 a	84 a	79 a	79 a	70 a	94 a	72 a	70 c
18	78 a	81 a	81 a	85 a	71 a	88 a	68 b	83 a
19	74 b	78 a	80 a	84 a	72 a	78 b	74 a	78 b
20	72 b	85 a	80 a	87 a	70 a	70 b	68 b	74 b
21	79 a	83 a	82 a	92 a	72 a	87 a	76 a	74 b
CV(%)	4,84	2,92	2,39	2,78	2,47	7,74	9,01	6,97

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

Na Tabela 4 é possível destacar as correlações significativas para o teste de frio com o teste de emergência a campo para as metodologias “B” (pré-tratamento com temperatura de 30°C por 15 min após levadas a BOD com temperatura de 2°C por 2 dias) e a metodologia “C” (pré-tratamento com temperatura de 30°C por 15 min após levadas a BOD com temperatura de 4°C por 2 dias) apresentaram correlações positivas a 1% de probabilidade. Assim como foi analisada a metodologia “E” (pré-tratamento com temperatura de 30°C por 15 min após levadas a BOD com temperatura de 5°C por 2 dias) com resultado de correlação a 5% de probabilidade entre as variáveis analisadas, que apresentou correlação positiva para a emergência a campo, fato esse, que não foi verificado nas demais metodologias, não sendo significativas pelo teste t. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al., (2015), que encontraram correlações positivas comparando o teste frio com o de emergência para sementes de pinhão manso.

Tabela 4. Correlações lineares [Coeficiente de correlação de Pearson (r)] entre as oito metodologias do Teste Frio com a Emergência a Campo. Pelotas-RS, UFPel, 2019.

Variável	Teste Frio	
	A (5-10°C – 7 dias)	B (2°C – 2 dias)
EC	0,1154 ^{ns}	0,2833**
EC	C (4°C – 2 dias)	D (4°C – 4 dias)
	0,2940**	0,0470 ^{ns}
EC	E (5°C – 2 dias)	F (5°C – 4 dias)
	0,2614*	-0,1223 ^{ns}
EC	G (7°C – 2 dias)	H (7°C – 4 dias)
	-0,1182 ^{ns}	-0,0151 ^{ns}

**Significativo pelo teste t em nível de 1% de probabilidade de erro; * Significativo pelo teste t em nível de 5% de probabilidade de erro; ns= Não significativo pelo teste t.

Ávila et al., (2005), também encontrou resultados de correlação positiva entre o teste de frio e a emergência das plântulas em campo para sementes de canola. Assemelham-se com os resultados obtidos por Torres et al., (1999), em trabalho conduzido com lotes de sementes de maxixe, em que os autores relataram que este teste foi o que apresentou os maiores valores de correlação com a emergência das plântulas no campo.

Os resultados se mostraram eficientes para avaliação de teste frio em curto tempo, onde as metodologias F (5°C a 4 dias), G (7°C a 2 dias) e H (7°C a 4 dias) do teste de frio foram as que mais estratificaram os lotes.

As metodologias B (2°C por 2 dias), C (4°C por 2 dias) e E (5°C por 2 dias) do teste de frio apresentaram correlação com o teste de emergência a campo.

3.4 Conclusões

Concluindo-se que a temperatura de 2°C por dois dias foi eficiente para estratificação de lotes de sementes de arroz.

4 Capítulo 2 - Adaptações metodológicas do teste de envelhecimento acelerado para sementes de arroz

4.1 Introdução

O teste de envelhecimento acelerado avalia o comportamento das sementes submetidas à temperatura e umidade relativa elevada. Por mais dificuldades que apresente na metodologia da uniformização do teste, tem uma grande utilidade prática na rotina laboratorial (KRZYANOWSKI et al., 1999). Dentre os disponíveis, um dos mais sensíveis e eficientes para avaliação do vigor de diversas espécies.

Os primórdios do desenvolvimento desse teste originaram-se de observações de Crocker e Groves (1915), segundo as quais a deterioração e morte de sementes durante o armazenamento era causada pela coagulação de proteínas e que o aquecimento da massa de sementes acelerava aqueles processos; sugeriram a condução de testes de germinação após a exposição de sementes a temperaturas de 50°C a 100 °C durante períodos relativamente curtos para estimar o potencial de armazenamento de lotes de sementes.

Em 1962, Helmer et al., relataram que as repostas a exposição de temperaturas entre 35°C e 40°C e 100% de umidade relativa do ar estavam estreitamente associadas ao vigor de lotes de sementes de trevo; sugeriram que esse envelhecimento acelerado ou rápido poderia ser muito útil para avaliar o potencial de armazenamento de sementes.

O progresso dessas observações culminou com proposta de um protocolo desenvolvido por Delouche e Baskin (1973), para a condução de teste de envelhecimento acelerado com sementes de varias espécies, com os objetivos de avaliar o vigor e estimar o potencial de armazenamento. A aceitação foi praticamente imediata, incentivando inúmeros pesquisadores a dirigir atenção especial e desenvolver metodologia rumo à padronização, tornando esse teste utilizado universalmente.

O teste é utilizado para avaliar o potencial de emergência de plântulas em campo; identificar diferenças de potencial fisiológico entre amostras de germinação semelhante; avaliar o potencial de armazenamento e está inserido no controle interno de qualidade das empresas produtoras de sementes.

Assim o objetivo deste trabalho é adaptar uma metodologia do teste de envelhecimento acelerado onde exponha as sementes de arroz ao estresse e consiga obter um resultado rápido.

4.2 Material e Métodos

O presente estudo foi instalado e conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes, Flávio Farias Rocha do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Capão do Leão, RS.

Foram utilizadas sementes de arroz, produzidas no sul do Brasil da cultivar IRGA 424 RI, representadas por 58 lotes de sementes.

A pesquisa foi realizada em duas etapas: primeiramente foi feito a caracterização dos lotes; seguido das adaptações de metodologia do teste de envelhecimento acelerado. Nesta primeira etapa na caracterização dos lotes, foram realizados os testes de qualidade fisiológica, como:

Teste de germinação

Utilizaram-se 4 repetições de 200 sementes para cada lote (cada repetição com 4 sub-amostras de 50 sementes), fazendo o uso de papel germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, sendo conduzido a temperatura constante de 25°C. A avaliação foi realizada no decimo quarto dia após a semeadura, segundo critério estabelecido nas RAS (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Determinação do teor de água

O teor de água nas sementes foi determinado através do método em estufa a 105 ±3°C, por um período de 24 horas, utilizando 5g de sementes de cada lote, conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em porcentagem.

Comprimento de total de plântulas, parte aérea e raiz

Utilizou-se o comprimento médio de 10 plântulas normais e de suas partes (parte aérea e raiz) tomadas ao acaso. As sementes foram semeadas em papel toalha umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato, em quatro repetições de 20 sementes e levadas ao germinador à temperatura de 25 °C. As sementes foram semeadas no terço superior do papel substrato no sentido longitudinal. Após o período de cinco dias em germinador, foram escolhidas aleatoriamente 10 plântulas normais submetidas a medições do comprimento total da plântula, o comprimento da parte aérea e da raiz, com auxílio de uma régua graduada em milímetros. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, com resultados expressos em centímetros (cm).

Teste de emergência em campo

Foi conduzido em canteiros, tendo como substrato solo oriundo de horizonte A de um planossolo na cidade de Pelotas/RS. Para cada lote foram utilizadas 4 linhas de 1,20 metros de comprimento, com espaçamento de 10 centímetros entre linhas, sendo distribuídos ao acaso os lotes em cada linha dentro dos blocos. Foram semeadas 50 sementes por linha e a contagem realizada aos 21 dias após a semeadura, onde ocorreu a estabilização da emergência das plântulas. A irrigação dos canteiros foi realizada com regador plástico de 5 litros, colocando em torno de 5 litros por metro quadrado.

Após a caracterização fisiológica dos 58 lotes, foram selecionados 21 lotes com germinação semelhante e estratificados em três níveis de vigor sendo eles alto, médio e baixo como se pode observar na Tabela 2. Ocorreu essa seleção para dar início a segunda fase do trabalho, onde submetemos os lotes de sementes a 11 metodologias do teste de envelhecimento acelerado.

Para a estratificação dos lotes foi utilizada um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os resultados dos testes foram comparados pelo teste Scott-knott em nível de 5% de probabilidade, utilizando software Genes.

As metodologias alternativas estão descritas na Tabela 5, modificando temperaturas, períodos, durante o pré-tratamento e exposição na BOD.

Tabela 5. Descrição das 11 metodologias alternativas do teste de envelhecimento acelerado realizadas com os 21 lotes selecionados acima. Estando descrito a metodologia do teste, o pré-tratamento utilizado, o período de exposição no pré-tratamento, temperatura da exposição do teste na BOD, e o período de exposição na BOD. Pelotas, 2019.

METODOLOGIA	PRÉ-TRATAMENTO	PERÍODO (horas)	T(°C) BOD	PERÍODO BOD (horas)
A	-	-	42	120
B	Geladeira (5-10°C)	24	41	48
C	Geladeira (5-10°C)	24	42	48
D	Geladeira (5-10°C)	24	43	48
E	Geladeira (5-10°C)	24	45	48
F	Geladeira (5-10°C)	24	45	72
G	Estufa (35-40°C)	2	41	48
H	Estufa (35-40°C)	2	42	48
I	Estufa (35-40°C)	2	43	48
J	Estufa (35-40°C)	2	45	48
K	Estufa (35-40°C)	2	45	72

Conforme visto na Tabela 5, abaixo segue a descrição detalhada das 11 metodologias realizadas para o teste de envelhecimento acelerado.

Metologias A- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram mantidas em BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 120 horas a 42°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

B- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em geladeira com temperaturas entre 5-10°C por um período de disposição de

24horas. Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 48 horas a 41°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

C- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em geladeira com temperaturas entre 5-10°C por um período de disposição de 24horas. Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 48 horas a 42°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

D- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em geladeira com temperaturas entre 5-10°C por um período de disposição de 24horas. Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 48 horas a 43°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

E- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em geladeira com temperaturas entre 5-10°C por um período de disposição de 24 horas. Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 48 horas a 45°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

F- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em geladeira com temperaturas entre 5-10°C por um período de disposição de 24 horas. Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 72 horas a 45°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

G- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em Estufa de circulação de ar forçado com temperaturas alternadas entre 35-40°C com disposição de 2 horas. Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 48 horas a 41°C. Ao término do

período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

H- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em Estufa de circulação de ar forçado com temperaturas alternadas entre 35-40°C com disposição de 2horas. Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 48 horas a 42°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

I- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em Estufa de circulação de ar forçado com temperaturas alternadas entre 35-40°C com disposição de 2horas. Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 48 horas a 43°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

J- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem

camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em Estufa de circulação de ar forçado com temperaturas alternadas entre 35-40°C com disposição de 2 horas . Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 48 horas a 45°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

K- foi realizado com a utilização de caixas plásticas tipo “gerbox” (11,0 x 11,0 x 3,5cm) como compartimento individual, possuindo, suspensa em seu interior, tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. No interior de cada caixa adicionamos 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram submetidas a um pré-tratamento em Estufa de circulação de ar forçado com temperaturas alternadas entre 35-40°C com disposição de 2 horas. Após o pré-tratamento as mesmas foram levadas para BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), por 72 horas a 45°C. Ao término do período montou-se o teste de germinação conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com as sementes submetidas ao nível de estresse citado acima. Realizando as avaliações no quinto dia após semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais para cada lote.

Para análise estatística foi utilizado Software Genes, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, sendo onze metodologias x 21 lotes de sementes de arroz, dispostos em quatro repetições. Os resultados dos testes foram comparados pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

Calcularam-se também, os coeficientes de correlação simples (r) para as combinações do teste de envelhecimento acelerado com o teste de emergência a campo. A significância dos valores de r foi determinada pelo teste em 5% e 1% de probabilidade.

4.3 Resultados e Discussão

O teor de água das sementes de arroz foi semelhante para os 21 lotes, ou seja, 10,5 e 12,0 % de umidade conforme a Tabela 6. Os dados obtidos para o teor de água das sementes, os quais são semelhantes para as sementes dos 21 lotes, com variação de até 1,5 pontos percentuais, variação essa dentro da amplitude máxima aceitável, que é de 1 a 2 pontos percentuais (Marcos Filho, 1999a). Este fato é importante para a execução das avaliações de envelhecimento acelerado, considerando-se que a uniformização do teor de água das sementes é imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (MARCOS FILHO, 2005), pois, dentro de certos limites, as sementes mais úmidas são mais afetadas pelas condições do envelhecimento acelerado. De acordo com Tunes *et al.* (2011), quando o teor de água das sementes é relativamente baixo, como ocorreu nos lotes das sementes de arroz, é permitida uma maior confiabilidade aos resultados obtidos nos testes de qualidade fisiológica.

Como pode ser observada na Tabela 6, a média do teor de água inicial dos lotes era de 11,3%. Após a realização do teste de envelhecimento acelerado, submetendo os lotes a 42°C por 120 horas (metodologia A) esse teor de água aumentou para 23,6%. Nas metodologias B e G, os lotes foram submetidos a diferentes pré-tratamentos: em geladeira com temperatura de 5-10% por 24 horas e estufa de ar forçado a 35-40°C por 2 horas, respectivamente. Posteriormente os lotes foram expostos à temperatura de 41°C por 48 horas e aumentaram a média do teor de água para 19,5% (metodologia B) e 19,6% (metodologia G).

Já para as metodologias C e H, os lotes foram submetidos a diferentes pré-tratamentos: em geladeira com temperatura de 5-10% por 24 horas e estufa de ar forçado a 35-40°C por 2 horas, respectivamente. Posteriormente os lotes foram expostos à temperatura de 42°C por 48 horas e aumentaram o teor de água para 21,4% (metodologia C) e 23,2% (metodologia H). Nas metodologias D e I, os lotes foram submetidos a diferentes pré-tratamentos: em geladeira com temperatura de 5-10% por 24 horas e estufa de ar forçado a 35-40°C por 2 horas, respectivamente. Após os lotes foram expostos à

temperatura de 43°C por 48 horas e aumentaram o teor de água para 21,0% (metodologia D) e 19,1% (metodologia I).

Já as metodologias E e J, os lotes foram submetidos a diferentes pré-tratamentos: em geladeira com temperatura de 5-10% por 24 horas e estufa de ar forçado a 35-40°C por 2 horas, respectivamente. Em seguida os lotes foram expostos à temperatura de 45°C por 48 horas e aumentaram o teor de água para 22,0% (metodologia E) e 21,9% (metodologia I). Já as metodologias F e K, os lotes foram submetidos a diferentes pré-tratamentos: em geladeira com temperatura de 5-10% por 24 horas e estufa de ar forçado a 35-40°C por 2 horas, respectivamente. Posteriormente os lotes foram expostos à temperatura de 45°C por 72 horas e aumentaram o teor de água para 20,7% (metodologia F) e 21,4% (metodologia K).

Em todas as avaliações, no final do teste, verificou-se que não houve variações acentuadas do grau de umidade da semente, sugerindo boa uniformidade na condução do envelhecimento acelerado, de acordo com Marcos Filho (1999), segundo o qual variações entre 3 e 4% entre as amostras são toleráveis. De acordo com Krzyzanowski et al. (1991), valores oscilando para mais ou para menos sugerem sementes com maior ou menor grau de deterioração. No teste de envelhecimento acelerado, as sementes são expostas a temperaturas e umidade relativa elevadas, sendo esses dois fatores mais relacionados à deterioração de sementes (MARCOS FILHO, 2015). De acordo com Carvalho & Nakagawa (2000), incrementos nos teores de água favorecem a elevação da temperatura da semente, em decorrência dos processos respiratórios e da maior atividade de microorganismos.

Tabela 6, Descrição do teor de água inicial das sementes de arroz (TA%), e do teor de água realizado depois de submetido a cada metodologia do teste de envelhecimento acelerado. Pelotas, 2019.

LOTE	TA(%)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	11,9	23,2	17,4	20,7	20,1	21,8	20,3	18,2	23,1	21,1	19,7	21,9
2	10,3	22,9	18,3	22,7	17,6	22,4	22,4	19,9	22,1	19,6	21,8	20,6
3	11,6	23,1	18,5	20,4	23,4	22,5	18,1	17,6	22,3	21,9	19,2	20,6
4	10,7	25,2	23,3	21,5	22,5	22,9	23,2	20,2	27,9	21,7	21,5	22,5
5	11,9	23,6	19,1	21,4	18,0	21,6	19,5	17,1	25,6	20,4	20,7	20,3
6	10,9	22,3	16,8	21,5	19,8	21,6	21,3	20,7	22,2	19,6	20,1	21,1
7	11,8	22,9	18,9	23,1	20,0	23,2	18,7	18,2	26,1	20,2	19,2	20,2
8	11,2	23,1	18,8	21,4	17,3	22,5	20,7	19,5	22,2	15,3	20,6	19,4
9	10,6	24,4	22,0	22,0	20,0	22,9	20,3	21,6	25,5	21,2	20,2	20,0
10	11,7	23,5	22,9	21,0	23,3	25,0	21,4	21,4	25,9	22,4	22,4	22,2
11	10,4	26,3	18,5	21,8	20,2	20,1	18,2	18,9	25,1	18,3	19,2	20,2
12	11,6	22,1	18,6	20,9	18,7	21,3	23,2	16,6	20,2	19,5	26,2	20,8
13	11,6	22,0	18,2	21,5	20,0	22,5	20,7	20,2	17,1	20,4	19,7	22,9
14	11,4	21,2	17,1	21,1	19,1	22,8	18,5	18,1	23,9	20,0	19,5	21,4
15	11,2	23,6	19,9	21,7	17,3	21,5	18,6	17,9	23,0	17,7	18,3	19,5
16	11,8	23,4	18,8	20,4	18,0	22,3	19,6	19,4	21,0	16,0	18,6	22,8
17	11,2	23,8	22,6	20,7	21,6	21,5	22,0	21,6	24,5	19,7	23,0	22,6
18	11,5	28,6	21,7	21,7	21,7	21,1	22,7	23,0	25,2	22,4	25,8	23,5
19	11,9	25,0	17,9	19,4	22,0	18,6	20,5	19,9	20,2	21,2	23,3	21,1
20	10,7	22,5	21,8	20,9	18,9	22,1	21,4	21,0	20,2	16,9	22,8	22,7
21	10,7	22,0	18,7	23,0	21,5	20,0	22,2	19,5	22,7	20,5	23,3	21,3
MÉDIA	11,2	23,6	19,5	21,4	20,1	21,9	20,6	19,5	23,1	19,8	21,2	21,3

A Tabela 7 apresenta comparação de média entre os 21 lotes para as 11 metodologias do teste de EA. Ocorrendo conjuntamente com uma comparação da estratificação dos lotes quanto ao nível de vigor da Tabela 2, na qualidade fisiológica inicial.

Uma das metodologias mais utilizadas de EA para a cultura do arroz é as sementes expostas a alto nível de estresse, estando a 42°C por 120h, com alta umidade e temperatura, sendo esta reproduzida neste trabalho como metodologia A (BOD a 42°C por 120 horas). Para esta variável ocorreu uma diferença significativa estatisticamente, entretanto não correspondeu com a estratificação dos lotes da Tabela 2. Pode-se observar que apenas os lotes de baixo vigor tiveram o mesmo desempenho fisiológico. Entre os lotes de alto vigor apresentaram menores resultados, estando nesta variável no nível de

baixo vigor pelo seu desempenho, podendo ser explicado pelo alto nível de estresse em que as sementes foram expostas. Resultados semelhante foram encontrados por Tunes et al., (2012) observando uma redução na porcentagem de plântulas emergidas, indicando que o procedimento que utiliza 96 e 120h de exposição não é o mais indicado para sementes de arroz.

Já para as metodologias B (pré-tratamento 5-10°C por 24h e BOD a 41°C por 48h), C (pré-tratamento 5-10°C por 24h e BOD á 42°C por 48h) e D (pré-tratamento 5-10°C por 24h e BOD a 43°C por 48h) que apresentam metodologia semelhante no pré-tratamento e no período de exposição em BOD, diferenciando apenas nas temperaturas. Estas não apresentaram diferença significativa entre os lotes para cada metodologia, juntamente com a metodologia I que apresenta pré-tratamento em estufa de ar forçado a 35-40°C por 2h, e em seguida exposta a BOD a 43°C por 48h. Mostrando que estas metodologias testadas não foram suficientes para estratificar os lotes de sementes de arroz em diferentes níveis de vigor. A avaliação do vigor de sementes é uma parte essencial de qualquer programa de controle de qualidade de sementes, fornecendo informações úteis para detectar e resolver problemas em diferentes níveis do processo de produção, bem como sobre o desempenho das sementes (COSTA et al. 2008). É, portanto, cada vez mais necessário melhorar a capacidade de testes para a avaliação do vigor de sementes, especialmente em relação à consistência dos resultados e, se possível, reduzindo o tempo necessário para o teste (RADKE et al., 2014).

Ocorreu uma diferença significativa entre os lotes, porem estratificando-os em apenas alto e médio vigor quando comparados a separação dos níveis de vigor da qualidade inicial, isto ocorreu para a metodologia E (pré-tratamento 5-10°C por 24h e BOD á 45°C por 48h), metodologia H (pré-tratamento estufa de ar forçado 35-40°C por 2h e BOD á 42°C por 48h) e metodologia J (pré-tratamento estufa de ar forçado 35-40°C por 2h, levados a BOD 45°C por 48h). Resultados encontrados por Tunes et al., (2012) trabalhando com sementes de brócolis, constata que a exposição das sementes ao envelhecimento acelerado utilizando solução saturada de NaCl por 48 horas mostrou-se como o mais adequado, pois o menor período de execução é uma característica desejável em um teste de vigor, fornecendo resultados em tempo menor.

Já a metodologia F que foi adaptada com (pré-tratamento em geladeira a 5-10°C por 24h após exposta em BOD a 45°C por 72h), obtiveram seus resultados com uma diferença significativa, estratificando os lotes em alto, médio e baixo vigor, porem quando comparadas com a estratificação da Tabela 2 observa-se que os lotes de alto vigor tiveram-se seu desempenho fisiológico prejudicado, enquanto que a maioria dos lotes de médio e baixo vigor foram favorecidos fisiologicamente. Quanto ao teste de envelhecimento em sementes de feijão só se observou diferença significativa quando expostas a 45 °C pelos períodos de 12 e 24 horas (BERTOLIN et al., 2011). Quanto à aplicação do teste à temperatura de 45°C observaram-se menores valores de germinação principalmente a partir de 36 h de exposição ao teste, fato observado também por Paiva (2008) em sementes de forrageiras. A duração do processo de deterioração é determinada principalmente, pela interação entre herança genética, o grau de umidade da semente e a temperatura (DELOUCHE, 2002).

Já as metodologias G e K também apresentam uma diferença significativa, e se diferem na temperatura e período de exposição na BOD sendo 41°C às 48h e 45°C às 72h respectivamente, tendo o mesmo pré-tratamento em estufa de ar forçado a 35-40°C por 2h. Estas no teste de comparação de médias obtiveram lotes de alto, médio, e baixo vigor, porem com desempenho fisiológico diferente quando comparadas com a estratificação dos lotes na qualidade fisiológica inicial Tabela 2 sendo os lotes com médio vigor com melhores medias. Resultados do teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo constataram que o período de exposição de 48 horas a 41°C é suficiente para estratificar os lotes. Já a temperatura de 45°C foi letal em todos os tempos de tratamentos, não tendo sido verificada germinação após o teste de envelhecimento acelerado (MAIA et al., 2007).

Tabela 7. Resultados médios obtidos por onze metodologias do Teste de Envelhecimento Acelerado (%), em 21 lotes de sementes de arroz. Pelotas-RS, UFPel, 2019.

Lote	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	38 c	87 a	84 a	90 a	80 a	72 b	87 a	86 a	87 a	82 a	75 b
2	29 d	85 a	89 a	85 a	81 a	63 c	79 b	73 b	85 a	81 b	77 a
3	39 c	91 a	85 a	83 a	69 a	69 c	76 c	85 a	84 a	83 a	72 b
4	43 b	95 a	88 a	86 a	80 a	65 c	78 b	84 a	87 a	84 a	70 c
5	36 c	75 a	84 a	90 a	81 a	64 c	82 b	85 a	87 a	86 a	67 c
6	27 d	88 a	83 a	84 a	65 b	63 c	67 d	83 a	83 a	79 b	76 a
7	46 b	86 a	86 a	92 a	78 a	82 a	73 c	78 b	91 a	87 a	83 a
8	37 c	83 a	79 a	87 a	73 a	78 a	86 a	78 b	87 a	84 a	79 a
9	48 b	88 a	87 a	89 a	82 a	84 a	75 c	87 a	89 a	80 b	86 a
10	59 a	84 a	83 a	88 a	66 b	72 b	92 a	93 a	89 a	85 a	74 b
11	35 c	85 a	76 a	77 a	71 a	81 a	82 b	78 b	80 a	77 b	80 a
12	26 d	84 a	89 a	91 a	65 b	74 b	85 a	81 a	90 a	83 a	80 a
13	41 c	90 a	80 a	88 a	75 a	77 a	75 c	77 b	85 a	86 a	81 a
14	33 c	86 a	87 a	83 a	66 b	79 a	85 a	83 a	83 a	88 a	81 a
15	32 d	85 a	81 a	88 a	75 a	72 b	90 a	82 a	86 a	79 a	76 a
16	38 c	83 a	80 a	82 a	75 a	62 c	79 b	73 b	83 a	83 a	75 b
17	43 b	86 a	83 a	86 a	73 a	64 c	66 d	83 a	86 a	84 a	73 b
18	39 c	87 a	82 a	88 a	73 a	63 c	73 c	85 a	89 a	76 b	66 c
19	35 c	84 a	70 a	87 a	60 b	80 a	83 b	77 b	88 a	80 b	77 a
20	36 c	82 a	87 a	88 a	75 a	80 a	64 d	80 b	86 a	74 b	76 a
21	34 c	86 a	78 a	88 a	66 b	72 b	78 b	75 b	88 a	76 b	77 a
CV(%)	13,48	3,43	3,95	2,51	6,88	9,7	9,04	5,01	1,37	4,08	5,84

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

Na Tabela 8 estão apresentados os dados da correlação das variáveis relacionadas de 11 metodologias do teste de vigor de envelhecimento acelerado correlacionados com o teste de emergência a campo, por ser considerado o teste de vigor que apresenta condições mais semelhantes ao campo. A metodologia “C” possui pré-tratamento em geladeira (5 a 10°C) por 24 horas após levado a BOD a 42°C com água destilada por 48 horas, esta apresentou uma correlação positiva a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Correlações lineares [Coeficiente de correlação de Pearson (r)] entre as onze metodologias do Teste de Envelhecimento Acelerado com a Emergência a Campo. Pelotas-RS, UFPel, 2019.

VARIÁVEL	EA sem pré-tratamento				
EC	A -0,0175 ^{ns}				
EA com pré-tratamento (Geladeira 5-10°C)					
EC	B 0,0516 ^{ns}	C 0,2160*	D 0,0128 ^{ns}	E 0,1936 ^{ns}	F -0,1310 ^{ns}
EA com pré-tratamento (Estufa de ar forçado 35-40°C)					
EC	G 0,0638 ^{ns}	H 0,1723 ^{ns}	I -0,0615 ^{ns}	J 0,2889**	K -0,1096 ^{ns}

**Significativo pelo teste t em nível de 1% de probabilidade de erro; * Significativo pelo teste t em nível de 5% de probabilidade de erro; ns= Não significativo pelo teste t.

Já para a metodologia “J” verificou-se uma correlação positiva a 1% de probabilidade, esta metodologia apresenta pré-tratamento em estufa de circulação de ar forçado a 35-40°C por 2 horas, levadas após a BOD a 45°C por 48 horas. Já as demais metodologias não foram significativas pelo teste t. Resultados diferentes dos encontrados por Bertolin et al., (2011) onde encontrou correlações positivas do envelhecimento acelerado de sementes de feijão com a emergência a campo para a temperatura de 45°C no período de 12 horas.

As metodologias E (pré-tratamento em geladeira a 5-10°C por 24 horas depois BOD a 45°C por 48 horas) e J (pré-tratamento em estufa 35-40°C por 2 horas depois BOD a 45°C por 48 horas) foram as melhores para estratificação dos lotes teste de sementes de arroz. Já as metodologias C (pré-tratamento em geladeira a 5-10°C por 24 horas depois BOD a 42°C por 48 horas) e J (pré-tratamento em estufa 35-40°C por 2 horas depois BOD a 45°C por 48 horas) são eficientes para estratificação de lotes de sementes de arroz comparando com a emergência a campo. Mostrando que o teste de envelhecimento acelerado traz bons resultados em curto prazo.

4.4 Conclusão

A metodologia J (pré-tratamento em estufa 35-40°C por 2 horas depois BOD a 45°C por 48 horas) foi a melhor na estratificação de lotes de sementes de arroz.

5 Capítulo 3- Adaptações metodológicas do teste de condutividade elétrica

5.1 Introdução

O principal desafio dos testes de vigor está na identificação dos eventos relacionados à deterioração das sementes, que precedem a perda da capacidade germinativa, ou seja, quanto mais próximo da maturidade fisiológica estiver o parâmetro avaliado, mais sensível será o teste (PERRY, 1981; AOSA, 1983; KRZYZANOWSKI et al., 1999).

O processo de deterioração tem como consequência inicial a desestruturação do sistema de membranas celulares, através da ação de radicais livres (CARVALHO, 1994), que promove o descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior, com reflexos sobre a qualidade fisiológica das sementes (ALVES et al., 2004).

O teste de condutividade elétrica tem sido reconhecido como eficiente para a avaliação do vigor de sementes em várias espécies, onde a qualidade das sementes é avaliada indiretamente através da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes. Os menores valores, correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam maior vigor pela menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Neste teste a duração do período de embebição das sementes tem também grande efeito sobre a capacidade do teste de distinguir diferenças de qualidade entre os lotes (Dias & Marcos Filho, 1995). O período que se recomenda é de 24 horas de embebição (Marcos Filho et al., 1987; Hampton & Tekrony, 1995; Vieira e Krzyzanowsky, 1999), porém, a possibilidade da redução deste período é vantajosa para a indústria de sementes. Resultados que avaliem a qualidade fisiológica das sementes rapidamente encurtam o período de tomada de decisão da indústria de sementes (Marcos Filho et al., 1990; Dias & Marcos Filho, 1995).

Para sementes de arroz, alguns trabalhos foram conduzidos (MENEZES & SILVEIRA, 1995; LIMA, 1997; CAMPOS, 1998), porém sem a utilização de metodologia específica para a espécie. Gonzalez (1998) observou que o teste é

eficiente para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz com alta germinação, porém encontrou diferenças entre cultivares, presença ou não de casca e período de imersão.

Assim o objetivo deste trabalho é adaptar uma metodologia do teste de condutividade elétrica e obter um resultado rápido correlacionado ao teste de emergência a campo.

5.2 Material e Métodos

O presente estudo foi instalado e conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes, Flávio Farias Rocha do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Capão do Leão, RS.

Foram utilizadas sementes de arroz, produzidas no sul do Brasil da cultivar IRGA 424 RI, representadas por 58 lotes de sementes.

A pesquisa foi realizada em duas etapas: primeiramente foi feito a caracterização dos lotes; seguido das adaptações de metodologia do teste de frio.

Nesta primeira etapa na caracterização dos lotes, foram realizados os testes de qualidade fisiológica, como:

Teste de germinação

Utilizaram-se 4 repetições de 200 sementes para cada lote (cada repetição com 4 sub-amostras de 50 sementes), fazendo o uso de papel germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, sendo conduzido a temperatura constante de 25°C. A avaliação foi realizada no decimo quarto dia após a semeadura, segundo critério estabelecido nas RAS (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de total de plântulas, parte aérea e raiz

Utilizou-se o comprimento médio de 10 plântulas normais e de suas partes (parte aérea e raiz) tomadas ao acaso. As sementes foram semeadas

em papel toalha umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato, em quatro repetições de 20 sementes e levadas ao germinador à temperatura de 25 °C. As sementes foram semeadas no terço superior do papel substrato no sentido longitudinal. Após o período de cinco dias em germinador, foram escolhidas aleatoriamente 10 plântulas normais submetidas a medições do comprimento total da plântula, o comprimento da parte aérea e da raiz, com auxílio de uma régua graduada em milímetros. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, com resultados expressos em centímetros (cm).

Teste de emergência em campo

Foi conduzido em canteiros, tendo como substrato solo oriundo de horizonte A de um planossolo na cidade de Pelotas/RS. Para cada lote foram utilizadas 4 linhas de 1,20 metros de comprimento, com espaçamento de 10 centímetros entre linhas, sendo distribuídos ao acaso os lotes em cada linha dentro dos blocos. Foram semeadas 50 sementes por linha e a contagem realizada aos 21 dias após a semeadura, onde ocorreu a estabilização da emergência das plântulas. A irrigação dos canteiros foi realizada com regador plástico de 5 litros, colocando em torno de 5 litros por metro quadrado.

Após a caracterização fisiológica dos 58 lotes, foram selecionados 21 lotes com germinação semelhante e estratificados em três níveis de vigor sendo eles alto, médio e baixo como se pode observar na Tabela 2. Ocorreu essa seleção para dar início a segunda fase do trabalho, onde submetemos os lotes de sementes a 28 metodologias do teste de condutividade elétrica.

Para a estratificação dos lotes, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os resultados dos testes foram comparados pelo teste Scott-knott em nível de 5% de probabilidade, utilizando software Genes.

Após a caracterização dos lotes, estes foram submetidos às metodologias que estão descritas na Tabela 9, modificando número de sementes, temperaturas, volume de água e período de embebição.

Tabela 9. Descrição das 28 metodologias alternativas do teste de condutividade elétrica realizadas com os 21 lotes selecionados acima. Estando descrito a sigla do teste, o número de sementes, temperatura de exposição, volume de água deionizada e o período de embebição. Pelotas, 2019.

METODOLOGIA	NÚMERO DE SEMENTES	TEMPERATURA (°C)	VOLUME DE ÁGUA (ml)	PERÍODO DE EMBEBIÇÃO (horas)
A	25	25	75	0
B	25	25	75	2
C	25	25	75	4
D	25	25	75	6
E	25	25	75	8
F	25	25	75	12
G	25	25	75	24
H	25	30	75	0
I	25	30	75	2
J	25	30	75	4
K	25	30	75	6
L	25	30	75	8
M	25	30	75	12
N	25	30	75	24
O	50	25	75	0
P	50	25	75	2
Q	50	25	75	4
R	50	25	75	6
S	50	25	75	8
T	50	25	75	12
U	50	25	75	24
V	50	30	75	0
W	50	30	75	2
X	50	30	75	4
Y	50	30	75	6
Z	50	30	75	8
AA	50	30	75	12
AB	50	30	75	24

Conforme observado na Tabela 9, abaixo segue a descrição detalhada das metodologias realizadas para o teste de condutividade elétrica:

Metodologias A a G- O teste de condutividade elétrica realizado foi conduzido pelo método massal, de acordo com a metodologia proposta por Marcos Filho e Vieira (2009). Para as metodologias de A a G foram utilizadas 25 sementes

pesadas em balança analítica de precisão, em seguida colocadas em copos plásticos com volume de 100 ml de acordo com cada metodologia utilizada. Sendo inserido logo após 75 ml de água deionizada. Após os copos eram levados para germinador à temperatura de 25°C. A leitura foi realizada com aparelho condutivímetro de laboratório DM-32, marca Digimed, realizando a leitura de acordo com os períodos de embebição (0, 2, 4, 6, 8, 12, 24), juntamente com uma amostra em branco de água deionizada. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

H a N- O teste de condutividade elétrica realizado foi conduzido pelo método massal, de acordo com a metodologia proposta por Marcos Filho e Vieira (2009). Para as metodologias de H a N foram utilizadas 25 sementes pesadas em balança analítica de precisão, em seguida colocadas em copos plásticos com volume de 100 ml de acordo com cada metodologia utilizada. Sendo inserido logo após 75 ml de água deionizada. Após os copos eram levados para germinador à temperatura de 30°C. A leitura foi realizada com aparelho condutivímetro de laboratório DM-32, marca Digimed, realizando a leitura de acordo com os períodos de embebição (0, 2, 4, 6, 8, 12, 24), juntamente com uma amostra em branco de água deionizada. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

O a U- O teste de condutividade elétrica realizado foi conduzido pelo método massal, de acordo com a metodologia proposta por Marcos Filho e Vieira (2009). Para as metodologias de O a U foram utilizadas 50 sementes pesadas em balança analítica de precisão, em seguida colocadas em copos plásticos com volume de 100 ml de acordo com cada metodologia utilizada. Sendo inserido logo após 75 ml de água deionizada. Após os copos eram levados para germinador à temperatura de 25°C. A leitura foi realizada com aparelho condutivímetro de laboratório DM-32, marca Digimed, realizando a leitura de acordo com os períodos de embebição (0, 2, 4, 6, 8, 12, 24), juntamente com uma amostra em branco de água deionizada. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

V a AB- O teste de condutividade elétrica realizado foi conduzido pelo método massal, de acordo com a metodologia proposta por Marcos Filho e Vieira (2009). Para as metodologias de V a AB foram utilizadas 50 sementes pesadas em balança analítica de precisão, em seguida colocadas em copos plásticos

com volume de 100 ml de acordo com cada metodologia utilizada. Sendo inserido logo após 75 ml de água deionizada. Após os copos eram levados para germinador à temperatura de 30°C. A leitura foi realizada com aparelho condutivímetro de laboratório DM-32, marca Digimed, realizando a leitura de acordo com os períodos de embebição (0, 2, 4, 6, 8, 12, 24), juntamente com uma amostra em branco de água deionizada. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

Para análise estatística foi utilizado Software Genes, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, sendo vinte e oito metodologias x 21 lotes de sementes de arroz, dispostos em duas repetições. Os resultados dos testes foram comparados pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

5.3 Resultados e Discussão

Os resultados encontrados no teste de Condutividade elétrica massal para as combinações: número de sementes, temperatura, volume de água, nos diferentes períodos de imersão em água, em sementes de arroz, estão apresentados nas Tabelas 10 a 13.

No teste de Condutividade elétrica massal são inversamente proporcionais à qualidade fisiológica das sementes. Quanto maior a leitura do condutivímetro mais danificada é a membrana celular e maior a lixiviação de solutos das sementes para o meio aquoso (VIEIRA, KRZYZANWSKI 1999). Desta forma quanto maior o valor obtido pelo condutivímetro menos vigoroso é o lote de sementes.

A Tabela 10 estão apresentadas as metodologias A, B, C, D, E, F e G possuem metodologia semelhante com 25 sementes em temperatura de 25°C imersas a 75 mL de água destilada diferindo no tempo de avaliação de 0, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas respectivamente. Observa-se que as metodologias A, B, C, E e G não diferiram entre os lotes. Sendo a metodologia D (6 horas) e F (12 horas), as que mais estratificaram os lotes, porém não seguindo o padrão da estratificação inicial. Já a Tabela 11 as metodologias H, I, J, K, L, M e N com 25 sementes expostas a temperatura de 30°C imersas a 75 mL de água destilada, diferindo no período de avaliação concomitante com a avaliação descrita acima, observa-se que as metodologia H (0 horas) e a M (12 horas)

apresentam diferença significativa entre as demais metodologias, entretanto também não estratificaram os lotes quanto ao seu nível de vigor referente a qualidade inicial, mantendo todos os lotes no nível de médio vigor. Resultados diferentes dos encontrados por Barbieri (2011), onde encontrou correlação do teste de condutividade elétrica com o teste de emergência a campo trabalhado com sementes de arroz.

Com relação ao período de imersão das sementes, em todas as metodologias citadas (Tabelas 10 e 11), verificou-se um aumento progressivo das leituras com o aumento do número de horas, corroborando com os dados de (DIAS e MARCOS FILHO, 1996). Observou-se que, de maneira geral, o período de imersão de 12 horas (metodologias F e M), nas condições avaliadas, estratificou os lotes quanto ao potencial fisiológico para os lotes de sementes. Demonstrando a possibilidade de redução do período de imersão das sementes em relação ao período de 24 horas. Resultados semelhantes foram encontrados por Barbieri (2011), que constatou que o tempo de imersão para realização do teste de condutividade elétrica massal pode ser reduzido em sementes de arroz. A possibilidade de redução no tempo de imersão das sementes para avaliação da condutividade elétrica também foi verificada em soja por (LOEFFLER et al., 1988 e DIAS e MARCOS FILHO 1996).

Em relação às duas temperaturas testadas 25°C e 30°C não se observou diferença muito grande para as metodologias, sendo que para as duas temperaturas testadas os lotes estratificaram no mesmo período de imersão sendo de 12 horas. Resultados semelhantes foram encontrados por Gaspar e Nakagawa, (2002) em sementes de milho, observando maiores valores de condutividade em temperaturas de 40 e 35°C e uma diferença muito pequena nas temperaturas de 25 e 30°C.

Tabela 10: Dados médios de condutividade elétrica massal ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) para as combinações 25 sementes imersas em 75 ml de água, a 25°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.

Lote	0h	2h	4h	6h	8h	12h	24h
	A	B	C	D	E	F	G
1	0,96 a	7,92 a	9,145 a	9,525 c	17,04 a	16,78 a	16,48 a
2	0,82 a	10,98 a	10,86 a	14,59 b	13,4 a	12,34 c	18,63 a
3	1,14 a	8,475 a	11,36 a	12,76 c	13,15 a	15,54 b	18,37 a
4	0,99 a	7,61 a	11,02 a	12,16 c	13,41 a	9,9 c	15,62 a
5	0,89 a	10,87 a	10,37 a	15,57 b	16,29 a	10,48 c	18,15 a
6	1,14 a	8,12 a	10,47 a	14,65 b	13,92 a	15,64 b	14,53 a
7	1,13 a	8,12 a	10,28 a	12,32 c	15,65 a	11,715 c	15,81 a
8	0,85 a	10,06 a	11,43 a	14,14 b	13,29 a	11,67 c	12,77 a
9	0,78 a	7,95 a	10,98 a	14,36 b	14,19 a	13,89 b	15,79 a
10	0,82 a	8,91 a	12,2 a	14,00 b	15,00 a	12,99 c	16,75 a
11	0,52 a	18,54 a	12,37 a	15,97 b	13,70 a	18,95 a	16,96 a
12	1,00 a	8,39 a	11,00 a	18,78 a	16,99 a	12,16 c	15,37 a
13	0,81 a	6,39 a	11,54 a	11,23 c	12,35 a	11,79 c	19,96 a
14	0,87 a	8,31 a	14,97 a	11,96 c	16,95 a	11,76 c	20,65 a
15	1,14 a	9,40 a	10,38 a	10,4 c	16,31 a	11,57 c	16,79 a
16	1,17 a	7,74 a	10,56 a	11,95 c	15,96 a	11,54 c	17,41 a
17	1,15 a	8,86 a	12,21 a	14,9 b	15,7 a	12,04 c	19,71 a
18	0,80 a	8,83 a	11,93 a	13,10 c	17,18 a	14,52 b	18,61 a
19	0,89 a	10,06 a	9,55 a	12,2 c	12,85 a	11,91 c	14,79 a
20	0,60 a	8,79 a	12,17 a	10,72 c	15,05 a	10,48 c	15,43 a
21	0,95 a	10,35 a	10,46 a	11,97 c	15,43 a	11,09 c	18,46 a
CV(%)	10,1	10,14	7,4	15,23	4,38	16,58	8,57

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

Tabela 11: Dados médios de condutividade elétrica massal ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) para as combinações 25 sementes imersas em 75 ml de água, a 30°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.

Lote	0h	2h	4h	6h	8h	12h	24h
	H	I	J	k	L	M	N
1	0,06 b	8,77 a	10,13 a	12,43 a	12,01 a	12,75 b	19,09 a
2	0,06 b	8,83 a	13,35 a	12,41 a	14,63 a	14,00 b	17,64a
3	0,11 b	6,7 a	11,14 a	14,08 a	13,70 a	13,17 b	19,77 a
4	0,08 b	7,50 a	13,45 a	13,91 a	11,95 a	11,26 b	16,79 a
5	0,09 b	7,77 a	14,62 a	11,27 a	12,63 a	11,91 b	17,55 a
6	0,07 b	7,50 a	10,90 a	14,56 a	12,90 a	14,10 b	16,43 a
7	0,09 b	8,61 a	13,67 a	12,72 a	12,79 a	12,15 b	15,31 a
8	0,03 b	6,22 a	13,54 a	16,21 a	13,02 a	13,82 b	17,54 a
9	0,12 b	6,86 a	11,27 a	15,69 a	13,37 a	13,05 b	19,3 a
10	0,05 b	6,21 a	10,46 a	13,56 a	12,27 a	13,12 b	20,83 a
11	1,5 a	6,57 a	12,02 a	13,98 a	13,01 a	12,94 b	19,76 a
12	0,04 b	7,01 a	9,335 a	12,37 a	13,90 a	12,65 b	19,62 a
13	0,4 b	5,21 a	13,78 a	14,57 a	14,48 a	16,95 b	18,01 a
14	1,11 b	6,88 a	13,66 a	12,24 a	11,23 a	12,17 b	17,78 a
15	1,31 b	7,07 a	12,98 a	14,97 a	14,5 a	10,67 b	16,68 a
16	0,23 b	5,48 a	11,96 a	12,83 a	11,98 a	13,04 b	20,64 a
17	0,2 b	6,83 a	11,96 a	12,98 a	10,91 a	12,6 b	20,07 a
18	0,08 b	6,65 a	12,62 a	14,07 a	14,08 a	14,16 b	19,78 a
19	0,06 b	6,41 a	11,55 a	12,97 a	12,98 a	12,02 b	18,18 a
20	0,37 b	8,66 a	12,56 a	12,32 a	15,55 a	22,92 a	16,66 a
21	0,75 b	8,28 a	12,2 a	11,98 a	14,89 a	14,77 b	19,52 a
CV(%)	15,1	10,12	8,92	2,61	6,7	16,38	4,52

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

Na Tabela 12 estão apresentadas as metodologias O, P, Q, R, S, T, e U com 50 sementes em temperatura de 25°C imersas a 75 mL de água destilada diferindo no tempo de avaliação de 0, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas respectivamente. As metodologias não diferiram estatisticamente quanto a estratificação dos lotes, com exceção da metodologia O (0 horas) e a T (12 horas), corroborando com a avaliação de 25 sementes por 30°C, chamando atenção para a avaliação com 12 horas (metodologia T), que apresentou um maior diferença entre os lotes, entretanto não se equivalem aos níveis de vigor da qualidade inicial. Já na Tabela 13 as metodologias V, W, X, Y, Z, AA, E AB com 50 sementes exposta a 30°C imersas a 75 mL de água destilada, as metodologias V, AA e AB nos períodos de avaliação de 0, 12 e 24 horas foram os que

obtiveram estratificação entre os lotes quando comparada com as demais metodologias. Porém não seguindo a estratificação de acordo com a emergência a campo.

Com relação ao período de imersão das sementes, em todas as metodologias citadas (Tabelas 12 e 13), verificou-se um aumento progressivo das leituras com o aumento do número de horas. Observou-se que, de maneira geral, o período de imersão de 12 horas (metodologias T e AA), nas condições avaliadas, estratificou os lotes quanto ao potencial fisiológico para as sementes de arroz. Corroborando com os resultados encontrados nas (Tabelas 10 e 11) onde o período de imersão de 12 horas foi eficiente para estratificar os lotes, mostrando a possibilidade de redução do período de imersão das sementes em relação ao período de 24 horas. Resultados encontrados por Gaspar e Nakagawa, (2002) em sementes de milho mostram que quanto maior foi o período de embebição maior foi o valor da condutividade.

Já as temperaturas testadas que são 25 e 30°C, também não se observa resultados muito diferentes na condutividade com 50 sementes para as metodologias testadas, podendo-se dizer que não houve uma influência da temperatura na qualidade dos lotes.

Em relação ao número de sementes (25 e 50 sementes), observa-se que os resultados diferenciam os lotes com relação ao potencial fisiológico (Tabelas 10, 11, 12, 13). Dessa forma, a utilização de 25 ou 50 sementes permitem estratificar os lotes, porém não sendo a estratificação igual ao teste de emergência a campo. Resultados da condutividade elétrica de sementes de azevém em função do número de sementes verifica-se que o número não proporcionou grandes diferenças entre os valores da condutividade elétrica (LOPES e FRANKE, 2010).

Tabela 12: Dados médios de condutividade elétrica massal ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) para as combinações 50 sementes imersas em 75 ml de água, a 25°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.

Lote	0h	2h	4h	6h	8h	12h	24h
	O	P	Q	R	S	T	U
1	0,35 a	9,23 a	11,96 a	12,27 a	12,65 a	12,76 b	15,88 a
2	0,19 b	9,95 a	13,22 a	13,78 a	14,86 a	11,36 d	15,96 a
3	0,19 b	7,76 a	13,40 a	12,18 a	11,42 a	12,79 b	16,29 a
4	0,25 b	8,75 a	11,66 a	13,24 a	12,35 a	13,55 b	16,65 a
5	0,14 b	9,16 a	11,81 a	13,85 a	12,39 a	14,39 a	15,57 a
6	0,35 a	9,3 a	14,13 a	13,70 a	12,88 a	10,21 d	15,84 a
7	0,19 b	10,16 a	11,98 a	13,60 a	12,29 a	14,39 a	15,46 a
8	0,34 a	11,05 a	10,96 a	12,85 a	12,73 a	10,9 d	17,52 a
9	0,17 b	8,86 a	14,57 a	12,64 a	13,8 a	12,18 c	17,15 a
10	0,01 b	9,76 a	13,71 a	12,16 a	14,02 a	11,39 d	16,45 a
11	0,14 b	9,08 a	12,72 a	13,7 a	11,86 a	12,53 b	16,26 a
12	0,17 b	10,27 a	13,69 a	12,81 a	13,28 a	12,24 c	16,89 a
13	0,15 b	8,61 a	11,21 a	13,05 a	12,42 a	13,51 b	16,09 a
14	0,11 b	9,89 a	14,13 a	14,15 a	8,055 a	11,87 c	16,12 a
15	0,09 b	9,25 a	13,46 a	13,54 a	11,11 a	13,68 b	16,92 a
16	0,24 b	9,54 a	10,9 a	13,01 a	11,85 a	11,25 d	15,63 a
17	0,34 a	10,03 a	13,77 a	13,16 a	12,68 a	12,97 b	17,44 a
18	0,15 b	10,07 a	12,91 a	13,21 a	12,37 a	14,68 a	18,45 a
19	0,18 b	8,14 a	9,235 a	12,81 a	12,70 a	11,85 c	14,50 a
20	0,04 b	9,43 a	12,84 a	12,69 a	13,91 a	12,78 b	16,42 a
21	0,09 b	9,84 a	12,42 a	13,33 a	13,02 a	13,46 b	14,99 a
CV(%)	4,56	4,43	7,1	7,22	8,2	2,43	10,23

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

Tabela 13: Dados médios de condutividade elétrica massal ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) para as combinações 50 sementes imersas em 75 ml de água, a 30°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.

Lote	0h	2h	4h	6h	8h	12h	24h
	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1	0,16 c	7,50 a	11,80 a	12,00 a	16,31 a	17,11 a	19,72 b
2	0,31 b	8,4 a	13,46 a	14,23 a	15,96 a	13,67 b	25,98 a
3	0,28 b	7,69 a	13,21 a	12,22 a	12,85 a	12,42 b	22,76 a
4	0,23 b	6,98 a	12,37 a	13,19 a	15,66 a	15,31 a	21,32 a
5	0,34 b	7,26 a	11,14 a	15,25 a	12,7 a	14,89 a	21,35 a
6	0,135 c	7,79 a	11,97 a	12,5 a	13,72 a	13,37 b	17,49 b
7	0,28 b	7,11 a	12,16 a	12,95 a	14,89 a	14,46 b	20,74 b
8	0,15 c	7,71 a	11,36 a	13,52 a	14,58 a	15,23 a	25,59 a
9	0,33 b	8,89 a	13,34 a	13,42 a	15,2 a	16,65 a	22,77 a
10	0,52 a	9,98 a	14,48 a	12,55 a	15,52 a	14,7 a	22,77 a
11	0,09 c	3,81 a	13,83 a	12,52 a	15,25 a	15,91 a	22,85 a
12	0,31 b	8,33 a	14,42 a	13,01 a	15,17 a	13,2 b	17,97 b
13	0,48 a	6,76 a	10,95 a	12,58 a	15,03 a	14,87 a	19,72 b
14	0,41 a	8,67 a	13,42 a	14,5 a	18,26 a	14,02 b	24,07 a
15	0,42 a	8,55 a	12,45 a	13,98 a	14,89 a	15,58 a	23,72 a
16	0,25 b	8,03 a	10,9 a	12,19 a	14,58 a	12,58 b	18,34 b
17	0,19 c	9,43 a	11,83 a	13,49 a	15,70 a	14,31 b	18,78 b
18	0,34 b	8,14 a	12,81 a	13,62 a	16,25 a	17,87 a	19,12 b
19	0,29 b	7,07 a	9,27 a	13,23 a	13,51 a	12,51 b	22,06 a
20	0,48 a	8,32 a	12,80 a	12,25 a	15,99 a	13,25 b	22,55 a
21	0,43 a	8,89 a	13,03 a	12,65 a	16,69 a	15,23 a	19,47 b
CV(%)	1,46	10,76	7,44	5,53	6,25	8,91	10,25

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

Para o teste de correlação entre as 28 metodologias do teste de condutividade elétrica com o teste de emergência a campo, não se obteve resultado significativo, podendo-se dizer que o teste de condutividade elétrica não foi eficiente para estratificar os lotes de acordo com a qualidade fisiológica inicial.

Tabela 14: Correlações lineares [Coeficiente de correlação de Pearson (r)] entre as 28 metodologias do Teste de Condutividade Elétrica com a Emergência a Campo. Pelotas-RS, UFPel, 2019.

VARIÁVEL	25 sementes – 25°C – 75ml						
	A	B	C	D	E	F	G
EC	0,1075 ^{ns}	-0,0273 ^{ns}	-0,1658 ^{ns}	0,1445 ^{ns}	-0,0435 ^{ns}	0,2968 ^{ns}	-0,1131 ^{ns}
	25 sementes – 30°C – 75ml						
	H	I	J	K	L	M	N
EC	-0,1729 ^{ns}	0,1554 ^{ns}	-0,0156 ^{ns}	-0,0393 ^{ns}	-0,1243 ^{ns}	-0,2606 ^{ns}	-0,0965 ^{ns}
	50 sementes – 25°C – 75ml						
	O	P	Q	R	S	T	U
EC	0,1956 ^{ns}	-0,1187 ^{ns}	0,1482 ^{ns}	0,0079 ^{ns}	0,1083 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	-0,0831 ^{ns}
	50 sementes – 30°C – 75ml						
	V	W	X	Y	Z	AA	AB
EC	-0,2449 ^{ns}	-0,2194 ^{ns}	0,1230 ^{ns}	-0,0068 ^{ns}	-0,2634 ^{ns}	0,0582 ^{ns}	0,0396 ^{ns}

**Significativo pelo teste t em nível de 1% de probabilidade de erro; * Significativo pelo teste t em nível de 5% de probabilidade de erro; ns= Não significativo pelo teste t.

O período de 12 horas de imersão foi a única metodologia adaptada que conseguiu a estratificação dos lotes.

Não há correlação das adaptações testadas com a emergência a campo.

O teste de condutividade elétrica mostrou-se ser um teste que requer mais cuidados e utiliza-se mais na área de pesquisa.

5.4 Conclusão

Conclui-se que o período de 12 horas foi à metodologia adaptada mais adequada para estratificação dos lotes de sementes de arroz.

6 Capítulo 4- Quantificação de potássio após o teste de condutividade elétrica para sementes de arroz

6.1 Introdução

Uma das principais exigências em termos de avaliação do vigor de sementes, refere-se à rapidez na obtenção de resultados confiáveis permitindo a agilização das tomadas de decisões, principalmente no que se refere às operações de colheita, processamento e comercialização. De acordo com testes de vigor que demandam um período de tempo relativamente curto são aqueles relacionados com as atividades enzimáticas e respiratórias e à integridade das membranas celulares (ABDUL-BAKI e ANDERSON 1973).

O teste de lixiviação de potássio vem se destacando para avaliação do potencial fisiológico de sementes produzindo resultados satisfatórios para varias espécies (MARCOS FILHO, 2005). Este teste tem princípio semelhante ao de condutividade elétrica, baseando-se na integridade das membranas celulares das sementes. A diferença entre eles é que, no de condutividade elétrica determina-se a quantidade total de íons liberados durante a embebição e, no de lixiviação de potássio, somente quantifica-se a quantidade de potássio lixiviado na solução, visto que este é o principal íon inorgânico lixiviado pelas sementes durante a embebição (LOOMIS e SMITH, 1980; POWELL, 1986).

Não tem sido detectada a associação da quantidade de potássio lixiviado com os teores deste elemento nas sementes, confirmando que a liberação de potássio durante a embebição está diretamente associada à permeabilidade das membranas celulares (CUSTÓDIO e MARCOS FILHO, 1997).

Da mesma forma que ocorre no teste de condutividade elétrica, sementes menos vigorosas apresentam menor velocidade de estruturação das membranas quando embebidas em água, tendo como consequência maior liberação de exsudatos para o exterior da célula que aquelas mais vigorosas consequentemente apresentando maior liberação de potássio (HAMPTON e TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 2005).

Assim o objetivo deste trabalho foi quantificar o potássio após as metodologias adaptadas do teste de emergência a campo em sementes de arroz.

6.2 Material e Métodos

O presente estudo foi instalado e conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes, Flávio Farias Rocha do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Capão do Leão, RS.

Foram utilizadas sementes de arroz, produzidas no sul do Brasil da cultivar IRGA 424 RI, representadas por 58 lotes de sementes.

A pesquisa foi realizada em duas etapas: primeiramente foi feito a caracterização dos lotes; seguido das adaptações de metodologia do teste de frio.

Nesta primeira etapa na caracterização dos lotes, foram realizados os testes de qualidade fisiológica, como:

Teste de germinação

Utilizaram-se 4 repetições de 200 sementes para cada lote (cada repetição com 4 sub-amostras de 50 sementes), fazendo o uso de papel germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, sendo conduzido a temperatura constante de 25°C. A avaliação foi realizada no decimo quarto dia após a semeadura, segundo critério estabelecido nas RAS (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de total de plântulas, parte aérea e raiz

Utilizou-se o comprimento médio de 10 plântulas normais e de suas partes (parte aérea e raiz) tomadas ao acaso. As sementes foram semeadas em papel toalha umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato, em quatro repetições de 20 sementes e levadas ao germinador à temperatura de 25 °C. As sementes foram semeadas no terço

superior do papel substrato no sentido longitudinal. Após o período de cinco dias em germinador, foram escolhidas aleatoriamente 10 plântulas normais submetidas a medições do comprimento total da plântula, o comprimento da parte aérea e da raiz, com auxílio de uma régua graduada em milímetros. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, com resultados expressos em centímetros (cm).

Teste de emergência em campo

Foi conduzido em canteiros, tendo como substrato solo oriundo de horizonte A de um planossolo na cidade de Pelotas/RS. Para cada lote foram utilizadas 4 linhas de 1,20 metros de comprimento, com espaçamento de 10 centímetros entre linhas, sendo distribuídos ao acaso os lotes em cada linha dentro dos blocos. Foram semeadas 50 sementes por linha e a contagem realizada aos 21 dias após a semeadura, onde ocorreu a estabilização da emergência das plântulas. A irrigação dos canteiros foi realizada com regador plástico de 5 litros, colocando em torno de 5 litros por metro quadrado.

Após a caracterização fisiológica dos 58 lotes, foram selecionados 21 lotes com germinação semelhante e estratificados em três níveis de vigor sendo eles alto, médio e baixo como se pode observar na Tabela 2. Ocorreu essa seleção para dar início a segunda fase do trabalho, onde submetemos os lotes de sementes a 28 metodologias do teste de condutividade elétrica.

Conforme observado na Tabela 9, abaixo segue a descrição detalhada das metodologias realizadas para o teste de condutividade elétrica:

Metodologias A a G- O teste de condutividade elétrica realizado foi conduzido pelo método massal, de acordo com a metodologia proposta por Marcos Filho e Vieira (2009). Para as metodologias de A a G foram utilizadas 25 sementes pesadas em balança analítica de precisão, em seguida colocadas em copos plásticos com volume de 100 ml de acordo com cada metodologia utilizada. Sendo inserido logo após 75 ml de água deionizada. Após os copos eram levados para germinador à temperatura de 25°C. A leitura foi realizada com aparelho condutivímetro de laboratório DM-32, marca Digimed, realizando a leitura de acordo com os períodos de embebição (0, 2, 4, 6, 8, 12, 24),

juntamente com uma amostra em branco de água deionizada. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

H a N- O teste de condutividade elétrica realizado foi conduzido pelo método massal, de acordo com a metodologia proposta por Marcos Filho e Vieira (2009). Para as metodologias de H a N foram utilizadas 25 sementes pesadas em balança analítica de precisão, em seguida colocadas em copos plásticos com volume de 100 ml de acordo com cada metodologia utilizada. Sendo inserido logo após 75 ml de água deionizada. Após os copos eram levados para germinador à temperatura de 30°C. A leitura foi realizada com aparelho condutivimetro de laboratório DM-32, marca Digimed, realizando a leitura de acordo com os períodos de embebição (0, 2, 4, 6, 8, 12, 24), juntamente com uma amostra em branco de água deionizada. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

O a U- O teste de condutividade elétrica realizado foi conduzido pelo método massal, de acordo com a metodologia proposta por Marcos Filho e Vieira (2009). Para as metodologias de O a U foram utilizadas 50 sementes pesadas em balança analítica de precisão, em seguida colocadas em copos plásticos com volume de 100 ml de acordo com cada metodologia utilizada. Sendo inserido logo após 75 ml de água deionizada. Após os copos eram levados para germinador à temperatura de 25°C. A leitura foi realizada com aparelho condutivimetro de laboratório DM-32, marca Digimed, realizando a leitura de acordo com os períodos de embebição (0, 2, 4, 6, 8, 12, 24), juntamente com uma amostra em branco de água deionizada. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

V a AB- O teste de condutividade elétrica realizado foi conduzido pelo método massal, de acordo com a metodologia proposta por Marcos Filho e Vieira (2009). Para as metodologias de V a AB foram utilizadas 50 sementes pesadas em balança analítica de precisão, em seguida colocadas em copos plásticos com volume de 100 ml de acordo com cada metodologia utilizada. Sendo inserido logo após 75 ml de água deionizada. Após os copos eram levados para germinador à temperatura de 30°C. A leitura foi realizada com aparelho condutivimetro de laboratório DM-32, marca Digimed, realizando a leitura de acordo com os períodos de embebição (0, 2, 4, 6, 8, 12, 24), juntamente com

uma amostra em branco de água deionizada. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes.

Após a realização do teste de condutividade elétrica foi feita a terceira etapa através da Quantificação de Potássio, esta avaliação ocorreu no Laboratório de Análises de Rotina localizado no Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas, utilizando após a leitura do teste de condutividade elétrica, a solução de água deionizada com a lixiviação de íons das sementes de acordo com o período de embebição de cada metodologia descrita na Tabela 9. Após o descarte das sementes, as quantificações de potássio foram realizadas por Espectrometria de Emissão em Chama utilizando o Fotômetro de Chama MicroNal-B462, calibrado a partir de soluções-padrão de 0, 2, 4, 8, 14 e 20 mg. L^{-1} de K^+ em solução aquosa. A partir da relação entre a concentração dos padrões e a emissão correspondente, construiu-se uma curva de calibração e por regressão linear foi obtida a equação que possibilitou o cálculo das concentrações de potássio nas amostras ($R^2 > 0,99$).

Para a estratificação dos lotes, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados dos testes foram comparados pelo teste Scott-knott em nível de 5% de probabilidade, utilizando software Genes.

Calculou-se também, os coeficientes de correlação simples (r) para as combinações do teste de lixiviação de potássio com o teste de emergência a campo. A significância dos valores de r foi determinada pelo teste em 5% e 1% de probabilidade.

6.3 Resultados e discussão

Os dados de lixiviação de potássio, apresentados na Tabela 15 (referente às metodologias A, B, C, D, E, F e G (25 sementes imersas em 75 ml de água destilada, a 25°C) diferindo no tempo de avaliação de 0, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas respectivamente). Observa-se que nenhuma das metodologias fez a estratificação dos lotes. Já a Tabela 16 apresenta as metodologias H, I, J, K, L, M e N (25 sementes imersas em 75 ml de água destilada, a 30°C) diferindo no tempo de avaliação de 0, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas respectivamente. Observa-se que a metodologia que foi eficiente para estratificar os lotes foi a J (4 horas),

mas também não estratificando de acordo com a qualidade inicial. As demais metodologias não apresentaram diferenças entre elas, não sendo eficientes para fazer a estratificação dos lotes de sementes de arroz. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Barbieri (2011), que também não encontrou afinidade nos resultados da qualidade inicial com os resultados de lixiviação de potássio.

Em relação à combinação de 25 sementes imersas a 75 ml de água em diferentes temperaturas de 25 e 30°C (Tabelas 15 e 16), respectivamente quando expostas a 30°C se mostrou mais eficiente na estratificação dos lotes de sementes de arroz, por apresentar resultados significativos em um menor período de imersão. A combinação de 25 sementes imersa a 75 ml de água, durante 60 minutos foi a melhor combinação para a separação de lotes de amendoim por utilizar o menor número de sementes e permitir a separação de em níveis de vigor em curto período de tempo (KIKUTI et al., 2008).

Tabela 15: Valores médios (mg do íon potássio. Kg⁻¹ de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 25 sementes imersas em 75 ml de água, a 25°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.

Lote	0H	2H	4H	6H	8H	12H	24H
	A	B	C	D	E	F	G
1	0	0	0,00172 a	0,00242 a	0,00225 a	0,00395 a	0,00651 a
2	0	0	0,00192 a	0,00212 a	0,00342 a	0,00395 a	0,00315 a
3	0	0	0,00175 a	0,00182 a	0,00225 a	0,00375 a	0,00300a
4	0	0	0,00155 a	0,00172 a	0,00285 a	0,00295 a	0,00310 a
5	0	0	0,00172 a	0,00285 a	0,00310 a	0,00395 a	0,00370 a
6	0	0	0,00165 a	0,00165 a	0,00315 a	0,00430 a	0,00260 a
7	0	0	0,00152 a	0,00182 a	0,00285 a	0,00325 a	0,00265 a
8	0	0	0,00145 a	0,00162 a	0,00355 a	0,00350 a	0,00305 a
9	0	0	0,00182 a	0,00200 a	0,00325 a	0,00370 a	0,00215 a
10	0	0	0,00195 a	0,00195 a	0,00305 a	0,00365 a	0,00245 a
11	0	0	0,00172 a	0,00195 a	0,00290 a	0,00400 a	0,00310 a
12	0	0	0,00175 a	0,00205 a	0,00260 a	0,00365 a	0,00245 a
13	0	0	0,00205 a	0,00175 a	0,00330 a	0,00415 a	0,00330 a
14	0	0	0,00162 a	0,00232 a	0,00285 a	0,00350 a	0,00300 a
15	0	0	0,00125 a	0,00212 a	0,00255 a	0,00375 a	0,00325 a
16	0	0	0,00175 a	0,00175 a	0,00260 a	0,00380 a	0,00265 a
17	0	0	0,00155 a	0,00200 a	0,00230 a	0,00325 a	0,00325 a
18	0	0	0,00135 a	0,00165 a	0,00250 a	0,00420 a	0,00330 a
19	0	0	0,00172 a	0,00205 a	0,00255 a	0,00385 a	0,00260 a
20	0	0	0,00175 a	0,00172 a	0,00305 a	0,00415 a	0,00275 a
21	0	0	0,00182 a	0,00205 a	0,00260 a	0,00365 a	0,00248 a
CV(%)	0	0	17,95	13,11	12,32	8,87	20,21

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

Tabela 16: Valores médios (mg do íon potássio. Kg⁻¹ de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 25 sementes imersas em 75 ml de água, a 30°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.

Lote	0H	2H	4H	6H	8H	12H	24H
	H	I	J	k	L	M	N
1	0	0,00121 a	0,00185 b	0,00152 a	0,00352 a	0,00212 a	0,00395 a
2	0	0,00105 a	0,00195 b	0,00195 a	0,00285 a	0,00235 a	0,00425 a
3	0	0,00098 a	0,00215 b	0,00215 a	0,00295 a	0,00232 a	0,00420 a
4	0	0,00085 a	0,00271 b	0,00216 a	0,00325 a	0,00242 a	0,00410 a
5	0	0,00132 a	0,00195 b	0,00335 a	0,00245 a	0,00345 a	0,00385 a
6	0	0,00065 a	0,00211 b	0,00165 a	0,00315 a	0,00255 a	0,00380 a
7	0	0,00094 a	0,00251 a	0,00205 a	0,00315 a	0,00215 a	0,00400 a
8	0	0,00075 a	0,00232 b	0,00232 a	0,00342 a	0,00215 a	0,00355 a
9	0	0,00083 a	0,00212 b	0,00162 a	0,00362 a	0,00255 a	0,00395 a
10	0	0,00092 a	0,00175 b	0,00175 a	0,00342 a	0,00212 a	0,00380 a
11	0	0,00085 a	0,00252 b	0,00215 a	0,00312 a	0,00312 a	0,00445 a
12	0	0,00085 a	0,00251 a	0,00222 a	0,00335 a	0,00255 a	0,00460 a
13	0	0,00105 a	0,00205 b	0,00172 a	0,00285 a	0,00262 a	0,00475 a
14	0	0,00075 a	0,00234 a	0,00252 a	0,00355 a	0,00232 a	0,00450 a
15	0	0,00075 a	0,00215 b	0,00212 a	0,00345 a	0,00275 a	0,00435 a
16	0	0,00091 a	0,00255 a	0,00175 a	0,00342 a	0,00275 a	0,00420 a
17	0	0,00085 a	0,00243 b	0,00222 a	0,00322 a	0,00282 a	0,00430 a
18	0	0,00086 a	0,00225 a	0,00172 a	0,00342 a	0,00245 a	0,00405 a
19	0	0,00055 a	0,00215 b	0,00215 a	0,00305 a	0,00265 a	0,00405 a
20	0	0,00075 a	0,00255 a	0,00165 a	0,00305 a	0,00212 a	0,00435 a
21	0	0,00075 a	0,00255 a	0,00212 a	0,00305 a	0,00331 a	0,00415 a
CV(%)	0	17,56	8,91	11,36	12,43	11,14	5,85

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

Na Tabela 17 estão apresentadas as metodologias O, P, Q, R, S, T, e U com 50 sementes em temperatura de 25°C imersas a 75 mL de água destilada diferindo no tempo de avaliação de 0, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas respectivamente. Observando que as metodologias P (2 horas), R (6 horas) e S (8 horas) foram as que estratificaram os lotes, entretanto não se equivalem aos níveis de vigor da qualidade inicial. Já na Tabela 18 as metodologias V, W, X, Y, Z, AA, E AB com 50 sementes exposta a 30°C imersas a 75 mL de água destilada, não ocorreu estratificação dos lotes para nenhuma das metodologias. Este teste permite a avaliação do vigor das sementes em menor tempo porque, o início da imersão é acompanhado pela rápida lixiviação de exsudados, principalmente o

íon potássio, que é o cátion que está em maior concentração nas membranas e também por possuir maior disponibilidade nas células vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2018). Woodstock et al., (1985) relataram que a avaliação de potássio e cálcio, liberados durante a embebição das sementes, foi melhor para avaliação do vigor do que o total de eletrólitos avaliado pelo teste de condutividade elétrica.

Já a combinação de 50 sementes imersas a 75 ml de água em temperatura de 25°C (Tabelas 17), conseguiu estratificar os lotes em três períodos de imersão (2, 6 e 8 horas) se mostrando mais eficiente para estratificação de lotes de sementes de arroz. Resultados diferentes dos encontrados por Kikuti et al., (2008) onde a combinação de 50 sementes imersas a 75 ml de água não foi tão eficiente para estratificar lotes de sementes de amendoim.

Tabela 17: Valores médios (mg do íon potássio. Kg⁻¹ de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 50 sementes imersas em 75 ml de água, a 25°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.

Lote	0H	2H	4H	6H	8H	12H	24H
	O	P	Q	R	S	T	U
1	0	0,00195 b	0,00110 a	0,00500 a	0,00580 a	0,00600 a	0,00610 a
2	0	0,00185 b	0,00405 a	0,00530 a	0,00515 a	0,00590 a	0,00635 a
3	0	0,00195 b	0,00375 a	0,00540 a	0,00465 b	0,00620 a	0,00635 a
4	0	0,00215 b	0,00355 a	0,00505 a	0,00505 a	0,00565 a	0,00625 a
5	0	0,00195 b	0,00395 a	0,00555 a	0,00580 a	0,00575 a	0,00675 a
6	0	0,00210 b	0,00420 a	0,00395 b	0,00535 a	0,00580 a	0,00595 a
7	0	0,00250 a	0,00395 a	0,00405 b	0,00460 b	0,00530 a	0,00590 a
8	0	0,00200 b	0,00360 a	0,00385 b	0,00445 b	0,00555 a	0,00650 a
9	0	0,00210 b	0,00460 a	0,00365 b	0,00550 a	0,00560 a	0,00650 a
10	0	0,00175 b	0,00390 a	0,00415 b	0,00510 a	0,00555 a	0,00515 a
11	0	0,00200 b	0,00450 a	0,00335 b	0,00445 b	0,00600 a	0,00635 a
12	0	0,00250 a	0,00365 a	0,00400 b	0,00540 a	0,00600 a	0,00670 a
13	0	0,00205 b	0,00365 a	0,00340 b	0,00480 b	0,00685 a	0,00685 a
14	0	0,00230 a	0,00505 a	0,00360 b	0,00505 a	0,00545 a	0,00665 a
15	0	0,00215 b	0,00440 a	0,00580 b	0,00550 a	0,00545 a	0,00650 a
16	0	0,00255 a	0,00355 a	0,00330 b	0,00455 b	0,00525 a	0,00660 a
17	0	0,00200 b	0,00475 a	0,00380 b	0,00435 b	0,00640 a	0,00645 a
18	0	0,00225 a	0,00375 a	0,00375 b	0,00370 b	0,00640 a	0,00670 a
19	0	0,00215 b	0,00310 a	0,00295 b	0,00475 b	0,00480 a	0,00590 a
20	0	0,00255 a	0,00405 a	0,00360 b	0,00415 b	0,00515 a	0,00720 a
21	0	0,00255 a	0,00390 a	0,00360 b	0,00505 a	0,00550 a	0,00590 a
CV(%)	0	8,84	11,23	8,84	9,46	7,43	12,24

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

Tabela 18: Valores médios (mg do íon potássio. Kg⁻¹ de semente) do teste de lixiviação de potássio, na combinação 50 sementes imersas em 75 ml de água, a 30°C, de 21 lotes de sementes de arroz, em diferentes períodos de imersão. Pelotas, 2019.

Lote	0H	2H	4H	6H	8H	12H	24H
	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1	0	0,00170 a	0,00495 a	0,00505 a	0,00700 a	0,00845 a	0,00390 a
2	0	0,00170 a	0,00530 a	0,00505 a	0,00610 a	0,00715 a	0,00375 a
3	0	0,00170 a	0,00625 a	0,00530 a	0,00610 a	0,00710 a	0,00445 a
4	0	0,00175 a	0,00580 a	0,00510 a	0,00420 a	0,00725 a	0,00370 a
5	0	0,00155 a	0,00540 a	0,00430 a	0,00690 a	0,00855 a	0,00415 a
6	0	0,00150 a	0,00480 a	0,00450 a	0,00605 a	0,00785 a	0,00405 a
7	0	0,00160 a	0,00505 a	0,00490 a	0,00675 a	0,00780 a	0,00340 a
8	0	0,00155 a	0,00500 a	0,00405 a	0,00570 a	0,00800 a	0,00480 a
9	0	0,00145 a	0,00595 a	0,00420 a	0,00500 a	0,00865 a	0,00380 a
10	0	0,00185 a	0,00625 a	0,00510 a	0,00550 a	0,00765 a	0,00380 a
11	0	0,00185 a	0,00540 a	0,00395 a	0,00780 a	0,00690 a	0,00445 a
12	0	0,00185 a	0,00605 a	0,00410 a	0,00690 a	0,00690 a	0,00415 a
13	0	0,00165 a	0,00485 a	0,00395 a	0,00595 a	0,00570 a	0,00410 a
14	0	0,00215 a	0,00595 a	0,00385 a	0,00615 a	0,00800 a	0,00415 a
15	0	0,00130 a	0,00555 a	0,00405 a	0,00635 a	0,00875 a	0,00445 a
16	0	0,00135 a	0,00495 a	0,00450 a	0,00465 a	0,00690 a	0,00320 a
17	0	0,00185 a	0,00560 a	0,00360 a	0,00515 a	0,00730 a	0,00375 a
18	0	0,00135 a	0,00560 a	0,00390 a	0,00425 a	0,00860 a	0,00365 a
19	0	0,00135 a	0,00405 a	0,00395 a	0,00740 a	0,00650 a	0,00425 a
20	0	0,00205 a	0,00565 a	0,00425 a	0,00690 a	0,00660 a	0,00450 a
21	0	0,00170 a	0,00555 a	0,0040 a	0,00605 a	0,00790 a	0,00470 a
CV(%)	0	14,12	9,19	40,71	14,81	11,41	10,08

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

Na Tabela 19 estão apresentados os dados entre as correlações de lixiviação de potássio com o teste de emergência a campo. As metodologias I e J para 25 sementes a 30°C imersas a 75 ml apresentaram correlações positivas ($P < 0,01$) e correlação negativa ($P < 0,05$) com teste de emergência a campo, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Barbieri (2011), em sementes de arroz. Já para as metodologias P, R e S para 50 sementes a 25°C imersas a 75 ml apresentam correlações negativa ($P < 0,05$), positiva ($P < 0,01$) e positiva a ($P < 0,05$) com o teste de emergência a campo, respectivamente. Para as demais metodologias não se encontrou correlação entre os testes. As correlações negativas são consideradas mais

desejáveis no teste de lixiviação de potássio, visto que evidenciam uma menor liberação deste íon pela semente demonstrando, então, uma superioridade na qualidade da mesma.

A análise de correlação mostrou a existência entre as combinações de 25 sementes a 30°C e 50 sementes a 25°C imersas a 75 ml de água, para o teste de lixiviação de potássio com a emergência para lotes de sementes de arroz. Desse modo, se o teste de lixiviação de potássio foi capaz de indicar as variações na emergência das plântulas, pode-se classifica-lo como eficiente para separar lotes de sementes de arroz em função do vigor, tal como foi apontado em outras culturas por diversos autores (DIAS et al., 1997; ÁVILA et al., 2005; KIKUTI et AL., 2008; ALVES; SÁ, 2010).

Tabela 19: Correlações lineares [Coeficiente de correlação de Pearson (r)] entre a quantificação do potássio com a Emergência a Campo. Pelotas-RS, UFPel, 2019.

VARIÁVEL		25 sementes – 25°C – 75ml					
EC	A	B	C	D	E	F	G
	0,0000**	0,0000**	0,0124 ^{ns}	0,1862 ^{ns}	0,0675 ^{ns}	-0,0599 ^{ns}	-0,1728 ^{ns}
		25 sementes – 30°C – 75ml					
EC	H	I	J	K	L	M	N
	0,0000**	0,4624**	-0,3162*	0,0927 ^{ns}	-0,1396 ^{ns}	-0,1250 ^{ns}	-0,2855 ^{ns}
		50 sementes – 25°C – 75ml					
EC	O	P	Q	R	S	T	U
	0,0000**	-0,3111*	-0,0082 ^{ns}	0,7631**	0,3330*	0,1663 ^{ns}	-0,0924 ^{ns}
		50 sementes – 30°C – 75ml					
EC	V	W	X	Y	Z	AA	AB
	0,0000**	0,0923 ^{ns}	0,1197 ^{ns}	-0,1763 ^{ns}	0,1656 ^{ns}	0,0831 ^{ns}	-0,0695 ^{ns}

**Significativo pelo teste t em nível de 1% de probabilidade de erro; * Significativo pelo teste t em nível de 5% de probabilidade de erro; ns= Não significativo pelo teste t.

O íon de potássio é o principal elemento em termos de quantidade lixiviada. Este íon tem papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais, além de ativar enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese e manter a eletro neutralidade celular (TAIZ; ZEIGER, 2018). Por isso a determinação do potássio lixiviado tem se mostrado como uma alternativa promissora para obtenção de informações rápidas sobre a qualidade fisiológica de sementes e tem sido utilizada para avaliar o potencial fisiológico de sementes de diferentes espécies (BARBIERI, 2011).

Para o teste de lixiviação de potássio as metodologias J (25 sementes a 30°C) e P, R, e S (50 sementes a 25°C) foram eficientes para estratificar os lotes.

Houve correlação com o teste de emergência a campo das metodologias J (25 sementes a 30°C) e P (50 sementes a 25°C) mostrando que o teste de lixiviação de potássio é eficiente para avaliar o vigor de sementes de arroz em curto prazo.

6.4 Conclusão

Conclui-se que as metodologias J (25 sementes a 30°C) e P (50 sementes a 25°C) foram eficientes na estratificação de lotes de sementes de arroz.

7 Considerações finais

A cultura do arroz destaca-se pela importância que possui no cenário mundial e nacional. Especificamente, no Brasil, a produção concentra-se nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Destaca-se que o potencial produtivo da espécie facilmente ultrapassa 10 toneladas por hectare, apesar da taxa de utilidade de sementes ser considerado baixa. Por outro lado, sabe-se que há uma relação direta, para a maioria das culturas, entre qualidade da semente utilizada e a produtividade.

Para tanto, universidades e instituições de pesquisas públicas e privadas têm desenvolvido pesquisas no intuito de desenvolver e aprimorar métodos e procedimentos para aferir a qualidade das sementes. A indústria sementeira, por sua vez, demanda métodos que sejam eficientes e rápidos.

Neste contexto, as metodologias B (2°C por 2 dias), C (4°C por 2 dias) e E (5°C por 2 dias) do teste de frio apresentam correlação com o teste de emergência a campo. Assim, conclui-se que temperaturas de 2°C a 5°C por dois dias são eficientes para estratificação de lotes de sementes de arroz comparando com a emergência a campo.

Já para o teste de envelhecimento acelerado as metodologias C (pré-tratamento em geladeira a 5-10°C por 24 horas depois BOD a 42°C por 48 horas) e J (pré-tratamento em estufa 35-40°C por 2 horas depois BOD a 45°C por 48 horas) são eficientes para estratificação de lotes de sementes de arroz comparando com a emergência a campo.

Para a condutividade elétrica o período de 12 horas de imersão das sementes de arroz foi a metodologia adaptada mais adequada. Não há correlação das adaptações testadas com a emergência a campo.

Quanto ao teste de lixiviação de potássio houve correlação com o teste de emergência a campo das metodologias J (25 sementes a 30°C) e P (50 sementes a 25°C), mostrando que o teste de lixiviação de potássio é eficiente para avaliar o vigor de sementes de arroz.

Referências

ABDUL-BAKI, A. A.; BAKER, J. E. Are changes in cellular organelles or membranes related to vigor loss in seeds. **Seed Science and Technology**, v. 1, p. 89-125, 1973.

ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigour. **HortSciencie**. Alexandria, v. 15, n. 6 p. 765-771, 1980. ALVES, C. V.; SÁ, M. E. de. Teste de condutividade elétrica em sementes de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.1, p.203-215, 2009.

ALVES, E.; CAVARIANI, C.; CORREA, M. R.; SOUZA, F. L. G.; CORREA, T. M.; NAKAGAWA, J. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes, Brasilia**, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2004.

ÁVILA, M. R.; BRACCIN, A. L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P. Teste de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas a campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 62-70, 2005.

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

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Contribution, 32. Association of Official Seed Analysts. 2002. 105p.

BASKIN, Carol. Accelerated aging test. In: PERRY, D. A. **Handbook of vigor test methods**. Zurich: International Seed Testing Association, 1981. p. 43-48.

BARBIERI, Ana Paula. **Determinação do potencial fisiológico de sementes de arroz baseado na integridade das membranas celulares**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; MOREIRA, E. R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 104-112, 2011.

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

BRUGGINK, H.; KRAAK, H.L.; BEKENDAM, J. Some factors affecting maize (*Zea mayz* L.) cold test results. **Seed Science and Technology**, v. 19, p. 15-23, 1991.

BORSATO, A. V.; BARROS, A. S. R.; AHRENS, D. C. A.; DIAS, M. C. L. L. Avaliação de testes de vigor para sementes de aveia-branca (*Avena sativa*). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 163-168, 2000.

CARVALHO, Nelson Moreira. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 1- 31. 1994

CARVALHO, Nelson. Moreira Vigor de sementes. In: Cicero, S. M.; Marcos-Filho, J.; Silva, W.R. Coord. **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill. 1986. p. 207-222.

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

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, RS, 19.

CASEIRO, R. F.; MARCOS FILHO, J. Procedimentos para a condução do teste de frio visando a avaliação do vigor de sementes de milho. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 459-466, 2000.

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

CROCKER, W.; GROVES, J. F. A method for prophesying the life duration of seeds. **Proceedings of the National Academic Sciences USA**, v.1, p.152-155, 1915.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2019. Publicação mensal. 1. Grãos. 2. Safra. 3. Agronegócio I. Título. Disponível em: <http://www.conab.gov.br2019.pdf> acesso em agosto de 2019.

COSTA, C. J.; VILLELA, F. A.; BERTONCELLO, M. R.; TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L. Pré-hidratação de sementes de ervilha e sua interferência na avaliação do potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.198-207, 2008.

CUSTÓDIO, C. C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, v.25, n.3, p.549- 564, 1997.

DAN, E. L.; MELLO, V. D. C.; WETZEL, C. T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E. P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 9, n. 3, p. 45-55, 1987.

DESAI, B. B. et al. **Seeds handbook**. New York: 1997. 627 p.

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.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 427-52, 1973.

DELOUCHE, J. C. Standardization of vigor tests. **Journal of Seed Technology**, v. 1, n. 2, p. 75-85, 1976.

DELOUCHE, J. C. Qualidade e desempenho da semente. **Revista Seed News**, v. 9, n. 5, 2005.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados de conjuntura da produção de arroz (Oryza sativa L.) no Brasil (1985-2013)**. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 13 setembro. 2018.

EGLI, D. B.; RUCKER, M. Seed vigor and the uniformity of emergence of corn seedling. **Crop Science**, v. 52, n. 6, p. 2774-2782, 2012.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; LIMA, T. C.; MARCOS FILHO, J. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 02, p. 152-158, 2006.

FAO, Food and Agriculture Organization. **Arroz Híbrido para Contribuir a la Seguridad Alimentaria**. v.1, n.1 p. 2, 2004. Disponível em: <http://www.fao.org/rice2004/es/rice2.htm>. Acesso em: junho 2015.

FRANCO, D. F.; ELIAS, M. C.; MAGALHAES JUNIOR, A. M. **Produção e avaliação da qualidade de sementes de arroz Irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FESSEL, S. A.; SILVA, L. J. R.; SADER, R. Teste de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica Plenck*). **Científica, Jaboticabal**, v. 33, n. 1, p. 35-41, 2005.

FRIGERI, Thaís. **Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

GASPAR, C. M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do período e da temperatura de embebição para sementes de milheto. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 02, p. 82-89, 2002.

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

GUISCHEM, J. M.; FARIAS, A. S.; FIGUEIREDO, R. T.; CHAVES, A. M. S.; FIGUEIREDO, B. T.; PEREIRA, C. F.; ARÁUJO, J. R. B.; MARTINS, M. R. Teste de frio e envelhecimento acelerado na avaliação de vigor de sementes de feijão-frade. **Revista de ciências agrárias**, v. 33, n. 2, p.182-191, 2010.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: International Seed Testing Association. 3.ed 1995. 117p.

HELMER, J. D.; DELOUCHE, J. C.; Lienhard, M. Some indices of vigor and deterioration in seed of crimson cloer. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, v. 52, p. 154-161, 1962.

ISTA - INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International Rules for Testing Seeds, 2004. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, n. 2, p. 403, 2006.

JOHNSON, R. R., WAX, L. M. Relationship of soybean germination and vigor tests to field performance. **Agronomy Journal**, v. 70, n. 2, p. 273-278, 1978.

KAPPES, C.; ARF, O.; FERREIRA, J. P.; PORTUGAL, J. R. ALCALDE, A. M., ARF, M. V.; VILELA, R. G. Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em função de aplicações de paraquat em pré-colheita. **Pesquisa Agropecuária**, Goiânia, v. 42, n.1, p.9-18, 2012.

KIKUTI, H.; MEDINA, P. F.; KIKUTI, A. L. P.; RAMOS, N. P. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.10-18, 2008.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Situação atual do uso de testes de vigor como rotina em programas de sementes no Brasil. **Informativo ABRATES**. v. 1, n. 3, p. 42-53, 1991.

KRZYZANOWSKI, F. C; VIEIRA, R.D; FRANÇA NETO, J.B. Vigor de Sementes. **Conceitos e Teses**, p. 2-24, 1999.

LIMA, Trícia Costa. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 2005. 61f. Dissertação (Mestrado) Instituto Agronomico de Campinas. Campinas, SP, 2005.

LOEFLER, T. M. et al. The bulk conductivity test as an indicator of soyean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v. 12, n. 1, p. 37-53, 1988.

LOPES, R. L.; FRANKE, L. B. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de azevem (*Lolium Multiflorum* L.) **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n.1, p. 123-130, 2010.

MAIA, A. R.; LOPES, C. J.; TEXEIRA, C. O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 3, n. 3, p. 678-684, 2007.

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

MARCOS FILHO, Júlio. Teste de vigor: importância e utilização. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 1-20, 1999.

MARCOS FILHO, J. Pesquisa sobre vigor de sementes em hortaliças. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 11, n. 3, p. 63-75, 2001.

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

MARCHI, J. L.; CICERO, S. M. Procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica em sementes. **Informativo ABRATES**, v. 12, n. 3, p.20-27, 2002.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W. T. The detection of seed samples of wrinkled-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of potentially low planting value. **Proceedings of International Seed Testing Association**, Zürich, v. 32, p.553-563, 1967.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity vigour teste: physiological basis and use. ISTA. **News Bulletin**, n. 131, p. 32-35, 2006.

MARINI, P.; MORAES, C.L.; MARINI, N.; MORAES, D. M.; AMARANTE, L. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 4, p. 722-730, 2012.

McDONALD, M.B. Challenges in seed technology. In: SEED TECHNOLOGY CONFERENCE, 10, Ames, 1988. **Proceedings**. Ames: Iowa State University, p.11-31. 1988.

MENEZES, N. L.; SILVEIRA, T. L. D. Comparação entre métodos para avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v16. N.2, p.121-127, 1995.

MELLO, V. D. C., TILLMANN, M. A. A. O teste de vigor em câmara de envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 9, n. 2, p. 93-102, 1987.

MENDES, C. R.; MORAES, D. M.; LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 171-176, 2009.

MIGUEL, M. H.; CARVALHO, M. V.; BECKERT, O. P.; MARCOS FILHO, J. Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de algodão. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 741-746, 2001.

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSWKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes** conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1- 2.24.

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados no crescimento de plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

OLIVEIRA, G. L.; HILST, P. C.; SILVA, L. J.; SEKITA, M. C.; DIAS, D. C. F. S. Teste de frio para avaliação do potencial fisiológica de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 31, n. 2, p. 509-517, 2015.

PAIVA, A. S.; RODRIGUES, T. J. D.; CANCIAN, A. J.; LOPES, M. M.; FERNANDES, A. C. Qualidade física e fisiológica de sementes da leguminosa forrageira *Macrotyloma axillare* cv. Java. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 130-136, 2008.

PERRY, D. A. Introduction; methodology and application of vigor test; seedling growth and evaluation test. In: PERRY, D.A. (Ed.). **Handbook of vigor tests methods**. Zurich, p. 3-20, 1981.

PESKE, S.; VILLELA, F.; MENEGELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2. ed. Brasília: Ed. Universitária/UFPel, 2012. 574 p.

PEREIRA, F. S.; TORRES, S. B.; LINHARES, P. C. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico em sementes de coentro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 595-606, 2015.

RADKE, A. K.; REIS, B. B.; ALMEIDA, A. S.; MENEGHELLO, G. E.; TUNES, L. M.; VILLELA, F.A. (2014) – Alternative methodologies to test seed vigor in lettuce. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 94-101, 2014.

ROSSETTO, C.A.V.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agricola**, v. 52, p. 123-131, 1995.

RODO, A. B.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada na determinação do potencial fisiológico de sementes de cebola. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 3, p. 465-469, 2003.

SANTOS, Valdecir José dos. **Qualidade fisiológica de sementes de cenoura e abóboras classificadas por tamanho**. 2007. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SOARES, E. R.; BASEGGIO, E. A.; LONDRERO, L. S.; CORREA, S. C. S.; ROSSINI, V. P.; ZOLINGER, I. T.; KLAHOLD, C. A.; GALON, L.; Componentes de produção e produtividade de arroz híbrido de sequeiro comparado a três cultivares convencionais. **Acta Agronômica**, v. 59, n. 4, p. 435-441, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2018. 819p.

TEKRONY, D. M. Accelerated aging test. **Journal of Seed Technology**, v.17, p.110-120, 1993.

TUNES, L. M.; PEDROSO, D. A.; BARBIERI, A. P. P.; CONCEIÇÃO, G. N.; ROETHING, E.; MUNIZ M. F. B.; BARROS, A. C. S. A. Envelhecimento acelerado modificado para sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) e sua correlação com outros testes de vigor. **Revista Brasileira de Biociência**, v. 9, n. 1, p. 12-17, 2011.

TUNES, L. M.; TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A.; BARROS, A. C. S. A.; MUNIZ, M. F. B.; DUARTE, V. B. Envelhecimento acelerado em sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. italica Plenck). **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 173-179, 2012.

TORRES, S. B.; SILVA, M. A. S.; CARVALHO, I. M. S.; QUEIRÓZ, M. A.
Correlação entre testes de vigor em sementes de maxixe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 6, p. 1075-1080,1999.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.(ed) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. P.103-132.

VAN DER VENTER, H. A. Seed vigour testing. **ISTA News Bulletin**, n. 122, p. 12-14, 2001.

WANDER, A. E.; CHAVES, M. O. Consumo aparente per capita de arroz no brasil, 1991 a 2010. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3. REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 2003. Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, p. 190 -192, 2003.