

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
de Sementes



Tese

**Desenvolvimento de metodologias para avaliação da
qualidade fisiológica e conservação de sementes de
quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Carolina Terra Borges

Pelotas, 2017

CAROLINA TERRA BORGES

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
FISIOLÓGICA E CONSERVAÇÃO
DE SEMENTES DE QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Eng. Agro. Dr. Geri Eduardo Meneghello, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do Título de Doutora em Ciências (área do conhecimento: Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientador: Eng. Agr. Dr. Geri Eduardo Meneghello

Coorientadora: Prof. Dr^a. Gizele Ingrid Gadotti

Coorientadora: Dr^a. Caroline Jácome Costa

Pelotas, 2017

Banca examinadora:

Eng. Agr. Dr. Daniel Ândrei Robe Fonseca

Eng. Agr. Dr^a. Lilian Vanussa Madruga de Tunes

Eng. Agr. Dr. Luís Eduardo Panozzo

Eng. Agr. Dr^a.Vanessa Nogueira Soares

Eng. Agro. Dr. Geri Eduardo Meneghello
(Orientador)

Dedico essa tese ao meu pai, Celso Corrêa Borges (in memoriam), por todo amor, carinho, companheirismo e principalmente por ser o meu maior incentivador ao estudo. “Já que você não está aqui o que posso fazer é cuidar de mim... Quero ser feliz ao menos, lembra que o plano era ficarmos bem...”

Agradecimentos

A Deus pela oportunidade da reencarnação possibilitando a evolução moral e intelectual.

Ao meu pai Celso (*in memoriam*) pelo amor, apoio, amizade e por ter sido o maior incentivador ao estudo.

A minha mãe Rossane, meus irmãos, Thiago e Marcelo, minhas cunhadas Daiane e Mariana e meu sobrinho Miguel os quais são minha base, meu conforto e meus impulsionadores de energia.

Ao meu grande amor Jader por toda amizade, amor, compreensão e ajuda em todos momentos que precisei.

A família Job, Noemi, Celau, Jaimara, Junior, Norberto e Giovanna os quais sempre me apoiaram e torceram por mim.

Aos colegas que o PPG de Sementes me brindou, em especial Cesar, Cristiane, Mariana, Elisa, Sandro, Vanessa, Jerffeson, Thais, Ariele, Henrique, Cristian, Raimunda, Alex, Adamo e Rafael.

Ao meu orientador Geri, pela amizade, orientação, compreensão e ajuda em todas as fases do doutorado.

As minhas co-orientadoras, Carol e Gizele, pelo apoio, por terem acreditado em mim e terem me proporcionando o doutorado sanduíche.

A todos professores do PPG de Sementes por todos os ensinamentos.

Ao professor Sabry pelos ensinamentos, paciência e oportunidade de realizar o doutorado sanduíche.

Aos funcionários do PPG de Sementes, em especial Irene, Carla e Bandeira.

A todos familiares e amigos pela amizade e compreensão nos momentos que precisei e nos que não pude estar presente.

Resumo

BORGES, Carolina Terra. **Desenvolvimento de metodologias para avaliação da qualidade fisiológica e conservação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**, 2017. 90f. 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.

A quinoa, pertencente à família Amaranthaceae, tem despertado interesse devido seu alto valor nutritivo. A planta apresenta elevada capacidade de adaptação e suporta umidades relativas entre 40% e 88% e temperaturas entre -4 °C e 38 °C. Mesmo apresentando interesse na comercialização das sementes dessa espécie, atualmente, não existem recomendações para a condução do teste de germinação, bem como testes de vigor e avaliação do potencial de armazenamento. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi aperfeiçoar metodologias para condução de testes de germinação e vigor de sementes de quinoa e estabelecer melhores condições de armazenamento, visando manter sua qualidade fisiológica após a colheita. Os resultados demonstraram que a temperatura de 20 ou 15-25°C, com primeira contagem aos 4 dias e contagem final aos 6 dias, foram os parâmetros ideais para a avaliação da germinação em sementes de quinoa. A metodologia adaptada do teste de envelhecimento acelerado foi eficiente para avaliar o vigor em sementes de quinoa, empregando-se a temperatura de 41 °C por 72 horas com solução salina. Os testes de frio conduzido a 2 °C por 5 dias é eficiente na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quinoa. Em todas as condições de armazenamento estudadas, as sementes de quinoa apresentaram maior controle da umidade quando embaladas em garrafa tipo pet e, conseguiram manter seu potencial de armazenamento elevado até 180 dias, principalmente em baixas temperaturas.

Palavras-chave: *Chenopodium quinoa* Willd.; germinação, vigor, armazenamento.

Abstract

BORGES, Carolina Terra. **Development of methodologies for the evaluation of the physiological quality and conservation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.),** 2017. 90f. 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.

Quinoa, belonging to the family Amaranthaceae, has increased interest due to its high nutritional value. The plant has high adaptability and supports relative humidity between 40% and 88% and temperatures between -4 ° C and 38 ° C. Even though there is interest in the commercialization of the seeds of this species, there are not currently recommendations for conducting the germination test, as well as vigor tests and evaluation of storage potential. In view of the above, the aim of this work was to improve methodologies for conducting germination and vigor tests of quinoa seeds and establish better storage conditions, aiming to maintain their physiological quality after harvest. The results showed that the temperature of 20 or 15-25 °C, with first count at 4 days and final count at 6 days, were the ideal parameters for the evaluation of germination in quinoa seeds. The adapted methodology of the accelerated aging test was efficient to evaluate the vigor in quinoa seeds, using the temperature of 41 °C for 72 hours with saline solution. The cold tests conducted at 2 °C for 5 days is efficient in assessing the physiological quality of quinoa seeds. In all storage conditions studied, quinoa seeds presented greater moisture control when packaged in a pet bottle and were able to maintain their storage potential up to 180 days, mainly at low temperatures.

Key words: *Chenopodium quinoa* Willd., germination, vigor, storage.

Lista de Figuras

Figura 01	Estruturas das sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) durante o processo de germinação. Te: Testa; Rf: Rafe; Mi: micrópila; Ra: Raiz; Pr: Pêlo radicular; Co: coifa; Hi: hipocótilo; Ct: cotilédone.....	20
Figura 02	Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), cultivar BRS Piabiru, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.....	22
Figura 03	Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), cultivar Salcedo, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.....	24
Figura 04	Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), material genético “P”, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.....	25
Figura 05	Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), material genético “A”, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.....	27
Figura 06	Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), cultivar Altiplano, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.....	28

Figura 07	Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), material genético “SI”, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.....	29
Figura 08	Germinação de sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Pelotas - RS, 2017.....	32
Figura 09	Diferenças entre plântulas anormais e normais de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Pelotas - RS, 2017.....	32
Figura 10	Tela de alumínio dividida em seis compartimentos para a condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.). Pelotas – RS, 2017.....	37
Figura 11	Plântulas de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), cultivar BRS Piabiru, após 7 dias a 5 °C. Pelotas - RS, 2017.....	49
Figura 12	Teor de água das sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias.....	62
Figura 13	Desempenho de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) por 180 dias, nos testes de germinação (A), envelhecimento acelerado (B) e emergência de plântulas em campo (C).....	64
Figura 14	Peroxidação lipídica, expressa em teores de MDA em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.....	68
Figura 15	Valores médios da atividade das enzimas SOD (A), CAT (B) e APX (C) e teores médios de H ₂ O ₂ (D) em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.....	69
Figura 16	Teor de água das sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias.....	70

- Figura 17 Desempenho de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF), por 180 dias, nos testes de germinação (A), envelhecimento acelerado (B) e emergência de plântulas em campo (C). Pelotas – RS, 2017..... 72
- Figura 18 Atividade das enzimas SOD (A) e CAT (B) em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017..... 75
- Figura 19 Teores médios de H₂O₂ (A) e MDA (B) em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017..... 75

Lista de Tabelas

Tabela 01	Dados médios de germinação de sementes de quinoa, cultivar “BRS Piabiru”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas – RS, 2017.....	23
Tabela 02	Dados médios de germinação de sementes de quinoa, cultivar “Salcedo”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas - RS, 2017.....	24
Tabela 03	Dados médios de germinação de sementes de quinoa, material genético “P”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas - RS, 2017.....	26
Tabela 04	Dados médios de germinação de sementes de quinoa, material genético “A”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas - RS, 2017.....	27
Tabela 05	Dados médios de germinação de sementes de quinoa, cultivar “Altiplano”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas - RS, 2017.....	28
Tabela 06	Dados médios de germinação de sementes de quinoa, material genético “SI”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas – RS, 2017.....	30
Tabela 07	Valores médios de anormalidades no teste de germinação para os materiais genéticos e cultivares de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), avaliados em diferentes temperaturas. Pelotas – RS, 2017.....	30
Tabela 08	Velocidade de germinação (VG) de sementes de quinoa em diferentes temperaturas. Pelotas – RS, 2017.....	31
Tabela 09	Teor de água (%) de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru, antes e após o teste de envelhecimento acelerado, adotando procedimento tradicional, com emprego de solução salina (SS) e solução salina saturada (SSSat). Pelotas – RS, 2017.....	39

Tabela 10	Germinação e emergência de plântulas em campo de cinco lotes de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru. Pelotas – RS, 2017.....	40
Tabela 11	Plântulas normais obtidas após os períodos de envelhecimento acelerado adotando procedimento tradicional, com solução salina e solução salina saturada, em cinco lotes de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru. Pelotas - RS, 2017.....	41
Tabela 12	Correlações lineares entre as variáveis: germinação (G) e emergência de plântulas a campo (EC) com os resultados dos testes de envelhecimento acelerado empregando os procedimentos tradicional, com solução salina (SS) e solução salina saturada (SSSat), nos períodos de 24, 48 e 72 horas. Pelotas – RS, 2017.....	42
Tabela 13	Resultados médios de plântulas normais dos testes de germinação e emergência de plântulas a campo de quatro lotes de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru. Pelotas – RS, 2017.....	48
Tabela 14	Resultados médios de plântulas normais de quinoa, cultivar “BRS Piabiru”, após o teste de frio nos períodos de 3, 5 e 7 dias, nas temperaturas de 2, 5 e 7 °C. Pelotas – RS, 2017.....	50
Tabela 15	Dados médios de condutividade elétrica em sementes de quinoa, cultivar “BRS Piabiru”, utilizando 25, 50 e 75 sementes nos períodos de 1, 3, 5, 7 e 24 horas. Pelotas – RS, 2017.....	51
Tabela 16	Correlações lineares entre os resultados dos testes de frio e condutividade elétrica, para todos os tratamentos, e os resultados do teste de emergência de plântulas a campo. Pelotas – RS, 2017.....	52
Tabela 17	Resumo da análise de variância da germinação (G), teste de envelhecimento acelerado (EA) e teste de emergência em campo (EC), atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbatoperoxidase (APX) de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em garrafas tipo pet e sacos de papel e submetidas a armazenamento sob diferentes condições ambientais em cinco períodos de avaliação.....	60
Tabela 18	Resultados dos testes de germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas a campo (EC), provenientes de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) por 180 dias.....	63

Tabela 19	Atividade das enzimas SOD, CAT e APX e teores de H ₂ O ₂ e MDA em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.....	67
Tabela 20	Resultados dos testes de germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas em campo (EC) de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF), por 180 dias.....	72
Tabela 21	Atividade das enzimas SOD, CAT e APX e teores de H ₂ O ₂ e MDA em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.....	74

Sumário

1	Introdução.....	13
2	Capítulo I - Estabelecimento de parâmetros de germinação para sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	18
2.1	Introdução.....	18
2.2	Material e Métodos.....	19
2.3	Resultados e Discussão.....	21
2.4	Conclusões.....	33
3	Capítulo II - Teste de envelhecimento acelerado para sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	34
3.1	Introdução.....	34
3.2	Material e Métodos.....	35
3.3	Resultados e Discussão.....	37
3.4	Conclusões.....	43
4	Capítulo III - Teste de frio e de condutividade elétrica em sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	44
4.1	Introdução.....	44
4.2	Material e Métodos.....	46
4.3	Resultados e Discussão.....	47
4.4	Conclusões.....	53
5	Capítulo IV - Armazenamento de sementes de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) sob diferentes ambientes e embalagens.....	54
5.1	Introdução.....	54
5.2	Material e Métodos.....	56
5.3	Resultados e Discussão.....	59

5.4 Conclusões.....	76
6 Considerações finais.....	77
7 Referências.....	78

1 Introdução

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), pertencente à família Amaranthaceae, é denominada pseudocereal (KOZIOL, 1993) e reconhecida como um dos alimentos vegetais mais nutritivos em relação aos cereais utilizados na dieta humana (BHARGAVA et al., 2006). É uma espécie anual e o ciclo varia entre 80 e 150 dias, dependendo da variedade. A planta apresenta estatura média de 190 cm, da qual a inflorescência ocupa aproximadamente 45 cm. As folhas superiores são lanceoladas enquanto que as inferiores são romboidais (BHARGAVA et al., 2006). A deposição de oxalato de cálcio nas folhas lhe possibilita reter umidade, característica desejável na tolerância à seca. A diferenciação floral ocorre aproximadamente aos 30 dias após a emergência e a antese aos 45 dias, possuindo flores hermafroditas e femininas na mesma planta. No entanto, algumas cultivares apresentam macho esterilidade em algumas ou todas as flores femininas (BHARGAVA et al., 2006). Os aquênios são pequenos e achatados (TAPIA, 1997).

A planta pode ser utilizada para o consumo animal e humano. Quando nova, a parte superior pode ser colhida e ter uso semelhante ao espinafre. Com o avanço na fase reprodutiva, pode-se utilizar a planta triturada como forragem para os animais domésticos. Em variedades tardias, o corte pode ser realizado pouco antes da floração, pois a planta rebrota produzindo sementes (TAVÁREZ et al., 1995).

A quinoa apresenta elevada capacidade de adaptação aos mais variados ambientes devido à elevada variabilidade genética da espécie, podendo ser cultivada em diferentes zonas agroclimáticas. As plantas suportam umidades relativas do ar entre 40% e 88% e temperaturas entre -4 °C e 38 °C, podendo resistir a déficits hídricos, geadas e solos salinos (FAO, 2011). Seu cultivo ocorre em diversos ambientes na América do Sul, especialmente nos Andes ou próximo à cordilheira, em latitudes que variam de 20°N na Colômbia a 40°S no Chile, e também do nível do mar

a altitudes de 3800m (RISI e GALWEY, 1989; WILSON, 1990).A área cultivada com quinoa na Bolívia, Peru e Equador praticamente quadruplicou no período compreendido entre 1992 e 2014 (FAO, 2017). No entanto, a cultura encontra-se em expansão pelo mundo, estando presente em mais de 70 países, sendo a Bolívia, Peru e Equador os principais países produtores (FAO, 2013).

Nos continentes Americano e Europeu, demonstrou potencial para alimentação humana e animal, em razão da quantidade elevada de proteína e por fornecer aminoácidos essenciais de forma equilibrada, destacando-se a abundância de lisina e metionina (MUJICA et al., 2001; JACOBSEN, 2003).

No Brasil, a Embrapa lançou, em 2000, a primeira cultivar de quinoa recomendada para o cultivo granífero, denominada BRS Piabiru (SPEHAR e SANTOS, 2002). Essa cultivar originou-se da linhagem EC 3, selecionada a partir de uma população procedente de Quito, Equador. Sua obtenção objetivou oferecer alternativa para diversificar os sistemas produtivos baseados no plantio direto (SPEHAR e SANTOS, 2002).

Por tratar-se de uma espécie relativamente nova na agricultura brasileira, o estabelecimento da cadeia produtiva encontra-se no seu limiar e depende do elo entre a demanda e o produtor. No entanto, a quinoa apresenta grandes perspectivas por suas múltiplas aplicações, além da alimentação humana e animal, pode também ser utilizada como cultura alternativa. O cultivo da quinoa como cultura alternativa possibilita interromper o ciclo de pragas e doenças, conferindo maior sustentabilidade aos sistemas produtivos. Sua introdução em cultivos rotacionados ou sucessivos pode contribuir para a redução do uso de agrotóxicos, com impactos favoráveis ao ambiente e à saúde humana (SPEHAR, 2006), além de ser uma alternativa na diversificação de cultivos.

Mesmo apresentando interesse na comercialização das sementes dessa espécie, atualmente, não existem recomendações para a condução do teste de germinação em sementes de quinoa, nas Regras para Análise de Sementes – RAS, bem como nas regras internacionais - ISTA, como ocorre para a maioria das sementes de espécies cultivadas (BORGES et al., 2016). O teste de germinação é o padrão utilizado para avaliação da qualidade fisiológica de sementes, cujas metodologias estão descritas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) para a maioria das espécies de interesse econômico. A germinação é um evento fisiológico que depende da qualidade da semente e das condições de germinação, como água,

oxigênio, temperatura, luz e substrato (SALOMÃO et al., 2003). Neste teste, a germinação de um lote de sementes é realizada em condições ideais de forma a se obter a máxima porcentagem de germinação, entretanto, não se verifica o potencial fisiológico das sementes sob condições desfavoráveis de germinação, como as normalmente encontradas em campo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Diante disso, vários testes de vigor têm sido desenvolvidos e aprimorados com o objetivo de complementar os resultados obtidos no teste de germinação, permitindo utilizar nos programas de qualidade das sementes, avaliando em cada etapa da produção, como na pré-colheita, colheita, secagem, beneficiamento, armazenamento, tratamento e semeadura da semente, fornecendo, assim, parâmetros para estabelecer procedimentos que resultem na produção de sementes de alta qualidade (KRZYŻANOWSKI e FRANÇANETO, 2001).

Da mesma forma que não existem testes padrões para germinação de sementes de quinoa, poucos estudos também tem sido realizado para testes de vigor das mesmas. Para avaliar o vigor de sementes, podem ser utilizados métodos físicos, fisiológicos, bioquímicos e de estresse. Entre os principais testes de vigor baseados no estresse das sementes, destaca-se o de envelhecimento acelerado, sendo um dos mais utilizados entre as espécies cultivadas. É um dos mais difundidos testes de vigor devido à sua precisão e sensibilidade em detectar diferenças de qualidade entre lotes de sementes com germinação semelhante (PEREIRA et al., 2015). Fundamenta-se na avaliação da resistência das sementes após um período de exposição à alta temperatura e umidade relativa do ar (MARCOS FILHO, 2015), condições que induzem reações oxidativas nos constituintes celulares da semente (MENEZES et al., 2014) e resultam na redução da velocidade e porcentagem de germinação, assim como aumento da formação de plântulas anormais (MARCOS FILHO, 2015). Ao final, os lotes de sementes que mantêm elevada germinação após serem submetidos ao envelhecimento acelerado, são considerados de alto vigor quando comparados aqueles que tem sua viabilidade reduzida (PEREIRA et al., 2012).

Outro teste de vigor bastante utilizado, também baseado no princípio do estresse, é o teste de frio. No Brasil, esse teste tem sido utilizado principalmente nos estados do Sul e Sudeste, onde muitas espécies podem ser semeadas entre o início do mês de setembro e meados de outubro (CASEIRO e MARCOS FILHO, 2002). Nesta época, é comum a ocorrência de frentes frias e chuvosas e, dependendo do vigor dos lotes, provoca problemas para a germinação e emergência de plântulas

(KRZYZANOWSKI et al., 1991). Injúrias causadas pela baixa temperatura durante a germinação estão relacionadas às alterações fisiológicas e bioquímicas com danos ao sistema de membranas, que causam perda de substâncias orgânicas pelos eixos embrionários quando submetidos a tais condições de estresse (GUAN et al., 2009; CASTRO et al., 2005; ATAÍDE et al., 2016).

Entre os métodos bioquímicos utilizados para avaliar o vigor de sementes, destaca-se a condutividade elétrica. Esse teste avalia a deterioração de sementes através da concentração de eletrólitos lixiviados pelas sementes durante um período de embebição (VIEIRA e CARVALHO, 1994). A lixiviação ocorre devido à perda da integridade dos sistemas de membranas celulares através do processo de deterioração (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1997). Desta forma, baixa condutividade indica sementes com alto vigor e alta condutividade, maior quantidade de lixiviados, determinando baixo vigor do lote de sementes (VIEIRA, 1994; VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999; PANOBIANCO e MARCOS FILHO, 2001).

Com relação à produção de sementes de quinoa, a definição do momento da colheita tem se baseado em aspectos gerais das plantas relacionados ao grau de umidade e facilidade de desprendimento das sementes (SPEHAR, 2006). Nesse momento, a semente se encontra com alta viabilidade, porém há indicativos que após sua colheita ocorre rápida deterioração, com acentuada redução na germinação e vigor. Portanto, as condições de armazenamento, temperatura e umidade são fundamentais para a preservação da qualidade da semente, necessitando ser controladas para reduzir seu processo de deterioração (SILVA et al., 2011). Além do controle do armazenamento, a manutenção da qualidade fisiológica da semente sofre interferência do tipo de embalagem utilizada (FERREIRA e BORGHETTI, 2004). O uso de embalagens adequadas auxilia na conservação da qualidade das sementes, propiciando, ou não, trocas de umidade com a atmosfera. Estes fatores contribuem para a manutenção da qualidade das sementes, importante característica no momento da semeadura para possibilitar plântulas vigorosas, estandes uniformes e, conseqüentemente com alta produtividade (COSTA et al., 2008).

Dessa forma, são necessárias análises do potencial fisiológico das sementes, onde testes padronizados para cultura são capazes de estimar a qualidade fisiológica dos lotes, através do teste de germinação e de vigor (PEREIRA et al., 2011). Neste sentido, o objetivo do trabalho foi aperfeiçoar metodologias para condução de testes

de germinação e vigor de sementes de quinoa e estabelecer melhores condições de armazenamento, visando manter sua qualidade fisiológica após a colheita.

2 CAPÍTULO I - Estabelecimento de parâmetros de germinação para sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

2.1 Introdução

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), alcançou o reconhecimento global definido pela FAO como um "superalimento" para o futuro (SHEARMAN, 2014). A produção nos principais países produtores (Peru, Bolívia e Equador) aumentou mais de oito vezes numa área que quadruplicou entre os anos de 1992 e 2014 (FAOSTAT, 2017). A variabilidade genética e plasticidade que a espécie possui permitem adaptação em diferentes ambientes, razões pelas quais a quinoa pode crescer sob condições climáticas extremas (JACOBSEN, 2003; FUENTES et al., 2009). As plantas suportam umidades relativas entre 40% e 88% e temperaturas entre -4 °C e 38 °C, podendo resistir a déficits hídricos, geadas e solos salinos (FAO, 2011).

A empresa lançou, em 2000, a primeira cultivar de quinoa recomendada para o cultivo granífero no Brasil, conhecida como BRS Piabiru (SPEHAR e SANTOS, 2002). Entretanto, os estudos com a cultura no Brasil sofreram descontinuidade e pouco se avançou no que diz respeito ao desenvolvimento e validação de tecnologias para o manejo da espécie, lançamento de cultivares adaptadas ao cultivo no País e também testes padronizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, como o de germinação, importante para a sua comercialização.

A germinação é caracterizada por processos físicos e fisiológicos de naturezas complexas que levam à retomada do crescimento do eixo embrionário, culminando com a protrusão da radícula (MENDES e CARVALHO, 2015). O teste de germinação tem como finalidade determinar a taxa de semeadura, comparar a qualidade fisiológica de lotes e também como parâmetro para comercialização de sementes (COIMBRA et al.,

2007). O teste deve ter condições que sejam uniformemente reproduzíveis em qualquer laboratório (ELIAS et al., 2012), através de metodologia padronizada, sob condições controladas, para obtenção da maior porcentagem de germinação no menor tempo possível (COIMBRA et al., 2007). As Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), Association of Official Seed Analyst (AOSA, 2010) e International Seed Testing Association (ISTA, 2012) estabelecem instruções para condução do teste de germinação, em diferentes espécies, especificando o tipo de substrato, disponibilidade de água, luz, temperatura mais adequados e tempo de avaliação, no entanto, as últimas versões destes manuais não contemplam informações acerca desta espécie.

Entre os fatores que afetam o resultado do teste de germinação, a temperatura se enfatiza pelo efeito na intensidade e velocidade desse processo (BEWLEY e BLACK, 1982), sendo a temperatura ótima aquela em que se obtém o maior número de sementes germinadas no menor período de tempo (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989). Ainda, influencia a porcentagem final de germinação (ANDRADE e PEREIRA, 1994) e a absorção de água pela semente, processo chamado de embebição (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988).

A duração do teste de germinação é dividida em duas contagens, em muitas espécies, denominada de primeira contagem e contagem final. A primeira contagem pode ser utilizada para avaliara qualidade do lote de sementes através do número de sementes germinadas nessa fase (ELIAS et al., 2012), já a contagem final informa o número total de sementes germinadas e a quantidade de plântulas normais, anormais e sementes mortas.

Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliara temperatura ideal para a condução do teste de germinação em sementes de quinoa, bem como definir o período para a realização das avaliações do teste.

2.2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado no laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Pelotas no ano de 2015. Foram utilizadas sementes de quinoadas cultivares BRS Piabiru, produzidas no Brasil, Salcedo e Altiplano e dos materiais genéticos P, A e SI, produzidas no Peru.

Os testes de germinação foram conduzidos em caixas tipo gerbox, com quatro subamostras de 50 sementes para cada repetição de cada cultivar. As sementes

foram distribuídas sobre papel mata-borrão umedecido com volume de água destilada correspondente a 2,5 vezes a massa do papel e colocadas em câmaras de incubação do tipo BOD, reguladas em regimes de temperaturas constantes de 15 °C, 20 °C, 25 °C e 30 °C, na presença de luz, e alternadas de 15-25 °C, 20-30 °C e 25-35 °C. Para as alternadas, a temperatura mais baixa foi mantida durante 16 horas, no escuro, e a mais alta, por oito horas, na presença de luz (BRASIL, 2009). Utilizou-se somente este tipo de substrato em razão das características (tamanho) das sementes. Com relação ao regime de luz, não realizou-se o teste na ausência desta pelos resultados terem sido satisfatórios com a presença de luz, em ensaios preliminares.

O número de sementes germinadas foi avaliado diariamente e no mesmo horário, acompanhando-se todo processo de germinação e, sendo consideradas plântulas normais as que apresentaram mais de 1,5 cm e com todas as estruturas necessárias para originar uma planta normal, ou seja, com parte aérea e sistema radicular bem desenvolvidos, conforme figura 1.

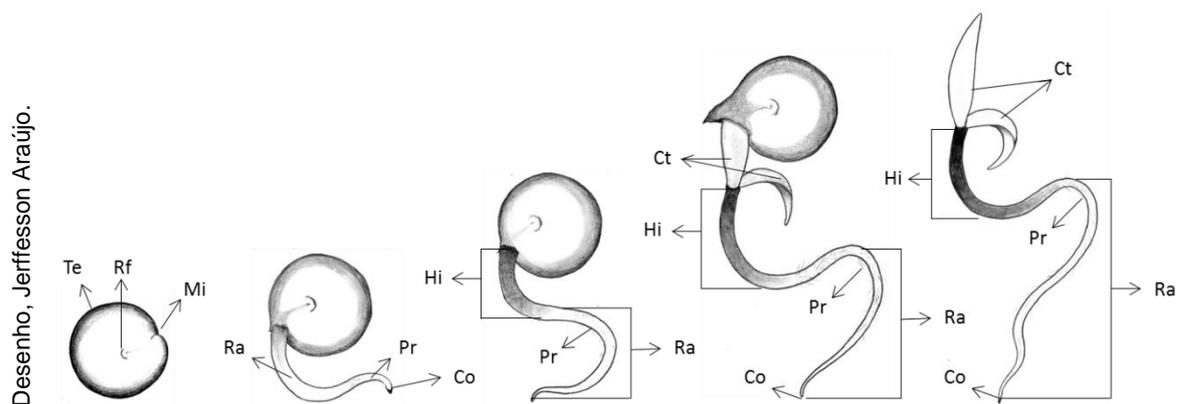


Figura 01 – Estruturas das sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) durante o processo de germinação. Te: Testa; Rf: Rafe; Mi: micrópila; Ra: Raiz; Pr: Pêlo radicular; Co: coifa; Hi: hipocótilo; Ct: cotilédone.

Os testes avaliados foram germinação, primeira contagem de germinação, e a velocidade de germinação, utilizando-se o seguinte procedimento.

Germinação: porcentagem diária de sementes germinadas do terceiro ao oitavo dia, onde houve estabilização da germinação de sementes. No primeiro e segundo dia não foram observadas plântulas normais.

Primeira contagem de germinação: período ideal de avaliação da porcentagem de plântulas normais com intuito de facilitar o teste de germinação.

Velocidade de germinação: número de sementes germinadas diariamente, desde o dia da primeira plântula normal, até o último dia de avaliação. Para o cálculo da velocidade de germinação (VG), utilizou-se a fórmula de Edmond e Drapala (1958): $VG = (N1G1 + N2G2 + \dots + NnGn) / (G1 + G2 + \dots + Gn)$, onde: VG é a velocidade de germinação em dias; N1, N2, Nn é o número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagens; G1, G2, Gn é o número de sementes germinadas na primeira, segunda e na última contagem.

Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando constatada significância, foi realizada comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para os dados da porcentagem de germinação, foi utilizada a transformação arco-seno da raiz de $x/100$. Para cada cultivar, as temperaturas foram comparadas com o objetivo de estabelecer qual a melhor para a condução do teste, já os períodos, com intuito de estabelecer o melhor dia para realização das avaliações do teste de germinação.

2.3 Resultados e Discussão

A condução do teste com o substrato e os regimes de luz utilizados mostrou-se satisfatória.

Na figura 2A, estão apresentados os resultados do teste de germinação de sementes de quinoa da cultivar BRS Piabiru quando expostas a temperaturas constantes de 15, 20, 25 e 30 °C. A germinação foi observada a partir do terceiro dia, apresentando comportamento semelhante com resultados acima de 85% para todas as temperaturas avaliadas, exceto para 15 °C, em que nenhuma semente germinou. No quarto dia, as temperaturas de 20, 25 e 30 °C resultaram em germinação superior a 90%, enquanto na temperatura de 15 °C, a germinação foi de 80%. No quinto dia, não houve diferença significativa entre as temperaturas testadas, sendo que a germinação apresentou o valor mínimo de 87%, na temperatura de 15 °C. Já no sexto dia, as temperaturas de 20 e 25 °C apresentaram germinações superiores ao obtido na temperatura de 30 °C. No sétimo e oitavo dias, de modo geral, não houve diferença de germinação entre as temperaturas avaliadas. Os baixos resultados de germinação

de sementes de quinoa nas temperaturas inferiores podem estar relacionados à baixa atividade enzimática envolvida no metabolismo da semente, causando atraso no processo germinativo (BEWLEY e BLACK, 1994). Em temperatura mais baixa, o metabolismo é reduzido e a semente pode germinar em período mais longo (AMARAL e PAULILO, 1992). Por outro lado, em temperaturas mais elevadas, a velocidade de absorção de água e das reações químicas é maior, e as sementes germinam mais rapidamente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Resultados semelhantes foram encontrados por Stefanello (2005) com sementes de anis, funcho e endro, Neto et al. (2013), com sementes de *Acacia polyphylla*, Matheus e Lopes (2009), com sementes de *Erythrina variegatae* Matos et al. (2015), com sementes de *Dalbergia nigra*.

Na figura 2B, estão os resultados do teste de germinação das sementes quando submetidas a temperaturas alternadas de 15-25, 20-30 e 25-35 °C. Pode-se observar que, no terceiro dia de exposição das sementes a 15-25 °C, apenas 61% das sementes germinaram, havendo diferença estatística quando comparada com as temperaturas de 20-30 e 25-35 °C, que tiveram germinação de 74 e 79%, respectivamente. No quarto e quinto dias, os resultados apresentaram comportamento semelhante, não havendo diferença estatística entre as temperaturas, apresentando mínimo de 80% de germinação. Do sexto ao oitavo dia, a temperatura de 15-25 °C apresentou germinação superior ao observado na temperatura de 25-35 °C.

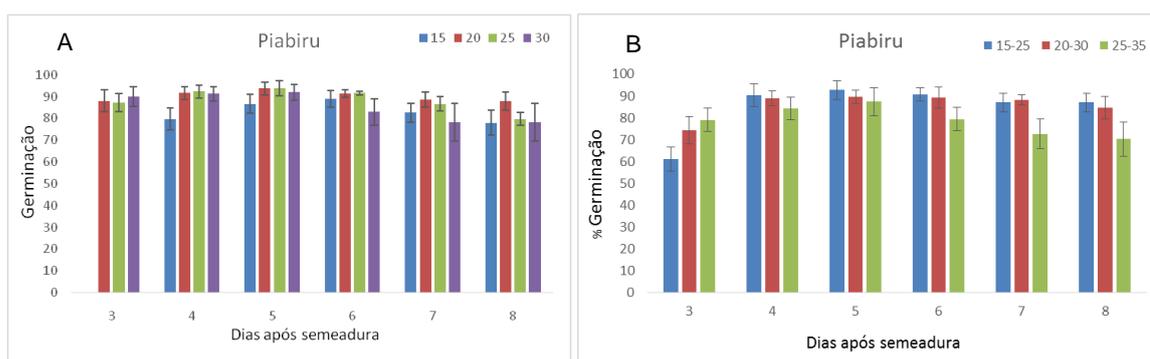


Figura 02 - Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), cultivar BRS Piabiru, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.

Ao longo dos períodos avaliados, para a cultivar “BRS Piabiru”, somente nas temperaturas de 20, 15-25 e 20-30 °C a germinação estabilizou-se entre o quarto e oitavo dia (Tabela 1). De modo geral, em valores absolutos, as maiores porcentagens de germinação foram obtidas no quinto dia para todas as temperaturas. Ainda,

observou-se que, nas maiores temperaturas, ocorreu declínio no número de plântulas normais a partir do sétimo dia.

Tabela 01 - Dados médios de germinação de sementes de quinoa, cultivar “BRS Piabiru”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas – RS, 2017.

Temperatura °C	Dias					
	3	4	5	6	7	8
15	0c*	80ab	87ab	89a	83ab	78b
20	88a	92a	94a	91a	89a	88a
25	87ab	92a	94a	92a	87ab	80b
30	90a	91a	92a	83ab	78b	78b
15-25	61b	90a	93a	91a	87a	87a
20-30	74b	89a	90a	89a	88a	85a
25-35	79ab	84a	87a	79ab	73b	70b
CV (%)	7,0					

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey(p<0,05).

Na figura 3, pode-se observar os resultados do teste de germinação para a cultivar Salcedo. Na figura 3A, estão as porcentagens de germinação das sementes quando expostas a temperaturas constantes de 15, 20, 25 e 30 °C.

Observou-se que, no terceiro dia, a temperatura de 15 °C apresentou os menores resultados, com apenas 30% de sementes germinadas, já as temperaturas de 20, 25 e 30 °C não diferiram estatisticamente. No quarto dia, as temperaturas de 15, 20 e 25 °C não diferiram estatisticamente, obtendo resultados de germinação próximos a 70%, enquanto a temperatura de 30 °C apresentou o menor resultado, com germinação de 56%. Do quinto ao oitavo dia, as temperaturas de 15, 20 e 25 °C não apresentaram diferenças na germinação, sendo superiores, comparativamente à temperatura de 30 °C. Nas temperaturas elevadas, as quais apresentaram menores valores na porcentagem de germinação, podem ocorrer alterações na permeabilidade das membranas e desnaturação de proteínas necessárias à germinação (SIMON et al., 1976). A germinação de sementes de kino foi prejudicada nas temperaturas acima de 35°C (BENZIONI et al., 1991). Santos e Zonetti (2009), Justos et al. (2007) e Alves et al (2015), trabalhando com sementes de *Helianthus annuus*, *Eugenia pyriformis* e *Psidium guajava* L, respectivamente, à temperatura de 30 °C, encontraram redução nos resultados de germinação nas determinadas espécies. A baixa germinação nas temperaturas próximas às extremas pode ser atribuída como uma vantagem adaptativa, pois o atraso da germinação pode aumentar a probabilidade de as

plântulas encontrarem condições favoráveis ao seu desenvolvimento (NASSIF e PEREZ, 2000).

Na figura 3B, estão os resultados de germinação da cultivar Salcedo, nas temperaturas alternadas de 15-25, 20-30 e 25-35 °C. Como pode-se observar, do terceiro ao quinto dia, não houve diferença significativa entre as germinações nas diferentes temperaturas. Do sexto ao oitavo dia, a germinação na temperatura de 15-25 °C se manteve próximo a 75%, sendo superior ao observado na temperatura de 25-35 °C, a qual obteve valores próximos de 60%.

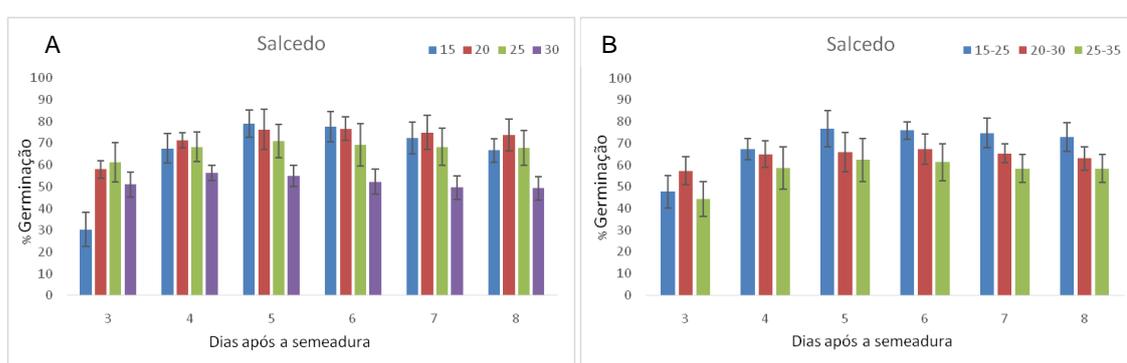


Figura 03 - Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), cultivar Salcedo, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.

O comportamento da germinação ao longo do tempo para a cultivar “Salcedo” não demonstrou diferenças na germinação do quarto ao oitavo dia para as temperaturas avaliadas (Tabela 2). Em valores absolutos, de modo geral, as maiores porcentagens de germinação foram observadas entre o quinto e o sexto dia.

Tabela 02 - Dados médios de germinação de sementes de quinoa, cultivar “Salcedo”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas - RS, 2017.

Temperatura °C	Dias					
	3	4	5	6	7	8
15	30b*	68a	79a	78a	72a	67a
20	58b	71ab	76a	77a	75a	74a
25	61a	68a	71a	69a	68a	68a
30	51a	56a	55a	52a	50a	49a
15-25	48b	67a	77a	76a	75a	73a
20-30	57a	65a	66a	67a	65a	63a
25-35	44b	59a	62a	61a	58a	58a
CV (%)	12,97					

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na figura 4A, estão apresentadas as germinações em temperaturas constantes de 15, 20, 25 e 30 °C das sementes do material genético “P”. As temperaturas que apresentaram maiores resultados em porcentagem de germinação foram 20 e 25 °C, com valores próximos a 40% e, a temperatura que obteve o resultado inferior foi 30 °C com 33% de sementes germinadas. As temperaturas de 15, 20 e 25 °C foram semelhantes do quarto ao oitavo dia, com mínimo de germinação de 49%, superior ao observado na temperatura de 30 °C que obteve máximo de germinação de 35%. A temperatura tem forte influência nos processos bioquímicos responsáveis pela germinação e a temperatura ideal para cada espécie é dependente das condições climáticas de suas regiões de origem, na época propícia para a germinação natural (ANDRADE et al., 2000). Portanto, como o centro de origem da quinoa é nos Andes, justifica-se a germinação à baixa temperatura, característica esta que é importante para permitir que a cultura se estabeleça antes que os patógenos possam afetar a plântula (JACOBSEN e BACH, 1998).

Como pode-se analisar na figura 4B, não há diferença estatística na germinação entre as temperaturas alternadas para o período avaliado.

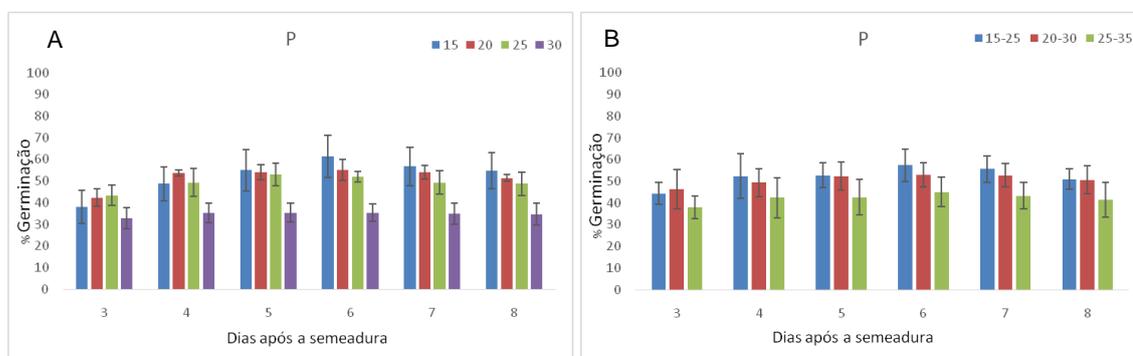


Figura 04 - Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), material genético “P”, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, é possível verificar que não houve diferença na porcentagem de germinação ao longo dos períodos avaliados em cada temperatura, exceto a 15 °C no terceiro dia. De modo geral, em valores absolutos, as maiores germinações foram observadas no sexto dia.

Tabela 03 - Dados médios de germinação de sementes de quinoa, material genético "P", em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas - RS, 2017.

Temperatura °C	Dias					
	3	4	5	6	7	8
15	38b*	49ab	55ab	61a	57a	55ab
20	42a	54a	54a	55a	54a	51a
25	43a	49a	53a	52a	49a	49a
30	33a	35a	35a	35a	35a	35a
15-25	44a	52a	53a	57a	56a	51a
20-30	46a	49a	52a	53a	53a	51a
25-35	38a	42a	43a	45a	43a	41a
CV (%)	22,86					

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na figura 5A, estão apresentados os resultados de germinação das sementes do material genético "A", submetidas a temperaturas constantes de 15, 20, 25 e 30 °C. Aos três e quatro dias após a semeadura, a germinação foi superior na temperatura de 20 °C, não diferindo apenas da temperatura de 25 °C. Do quinto ao oitavo dia, as porcentagens de sementes germinadas ficaram entre 25 e 32%, nas temperaturas de 15 e 20 °C, sendo superiores à temperatura de 30 °C que apresentou, no máximo, 14% de germinação no mesmo período. O uso desse material com germinação muito baixa é importante para verificar a eficiência do teste também em materiais de baixa qualidade. Chilo et al. (2009), trabalhando com sementes de quinoa, observaram que os melhores índices de germinação foram obtidos nas temperaturas de 20°C, no entanto, mesmo em baixas temperaturas (5°C) foram obtidos bons percentuais de germinação. Avaliando-se a germinação com as temperaturas alternadas, na figura 5B, observa-se que aos três e quatro dias após a semeadura, as temperaturas de 20-30 °C e 25-35 °C apresentaram os maiores índices de germinação das sementes de quinoa. Do quinto ao oitavo dia, não houve diferença de germinação nas temperaturas avaliadas dentro de cada período estudado.

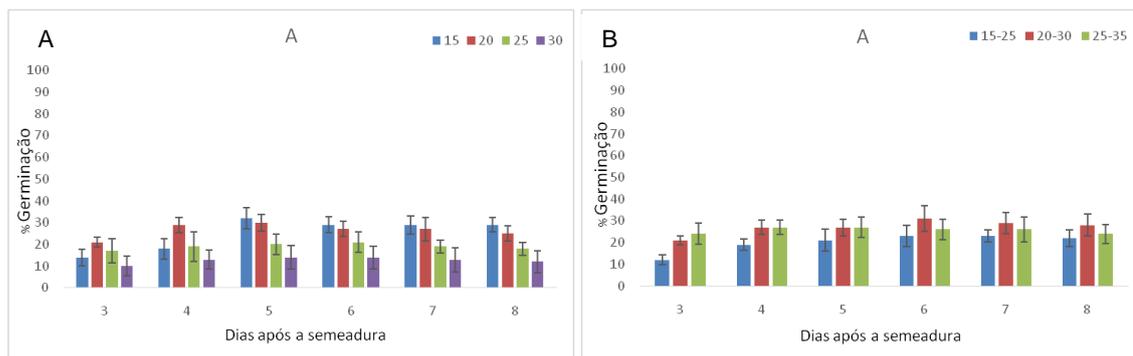


Figura 05 - Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), material genético “A”, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.

Considerando a germinação ao longo do período avaliado (Tabela 4), para o material genético “A”, não foram observadas diferenças entre os tratamentos, exceto para a temperatura de 15 °C, aos três e quatro dias, a 15-25 °C, do terceiro ao quinto dia e para 20-30 °C no terceiro dia. Em valores absolutos, as maiores porcentagens de germinação foram observadas, de modo geral, cinco e seis dias após a semeadura, nos tratamentos avaliados. No entanto, cabe ressaltar que os valores obtidos na germinação foram baixos, demonstrando o baixo potencial fisiológico destas sementes.

Tabela 04 - Dados médios de germinação de sementes de quinoa, material genético “A”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas - RS, 2017.

Temperatura °C	Dias					
	3	4	5	6	7	8
15	14b*	18b	32a	29a	29a	29a
20	21a	29a	27a	30a	27a	25a
25	17a	19a	20a	21a	19a	18a
30	10a	13a	14a	14a	14a	12a
15-25	12b	19b	21b	23a	23a	22a
20-30	21b	27ab	27ab	31a	29ab	28ab
25-35	24a	27a	26a	26a	27a	24a
CV (%)	25,54					

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A figura 6A refere-se à germinação de sementes da cultivar “Altiplano” em diferentes temperaturas. No terceiro dia avaliado, a germinação nas temperaturas de 20 e 25 °C foi superior à germinação na temperatura de 30 °C. Do quarto ao oitavo dia, a temperatura de 30 °C apresentou as menores porcentagens de germinação, comparativamente às demais temperaturas. Não houve diferença significativa na

porcentagem de germinação para as temperaturas alternadas, apresentadas na figura 6B, à exceção do oitavo dia na temperatura de 25-35 °C, comparativamente à temperatura de 15-25 °C. A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições é definida como a manifestação do seu vigor, no entanto, levando em consideração as condições ambientais encontradas no local onde foi semeada (SIMONI et al., 2011).

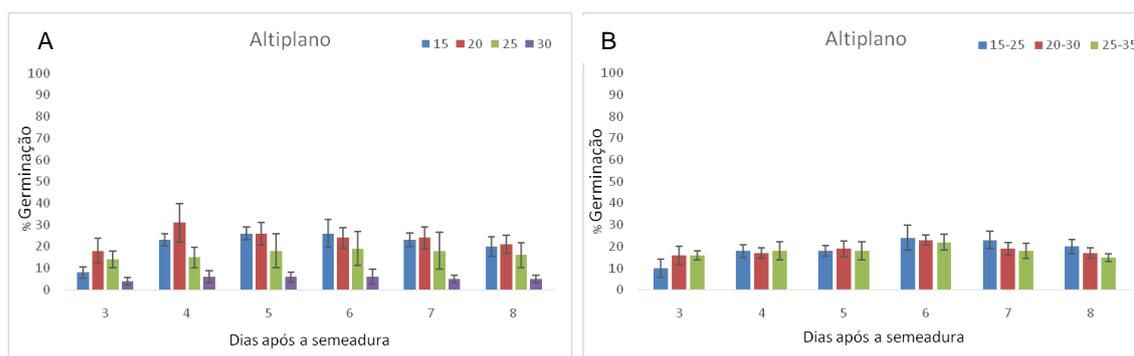


Figura 06- Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), cultivar Altiplano, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.

Para a cultivar “Altiplano”, a germinação ao longo do tempo não apresentou diferença a partir do quarto dia, conforme a Tabela 5. Pode-se observar também que, de modo geral, as maiores porcentagens de germinação, em valores absolutos, foram obtidas no sexto dia, à exceção da temperatura de 20 °C, com a máxima germinação no quarto e quinto dia.

Tabela 05 - Dados médios de germinação de sementes de quinoa, cultivar “Altiplano”, em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas - RS, 2017.

Temperatura °C	Dias					
	3	4	5	6	7	8
15	8b*	23a	26a	26a	23a	20a
20	18b	31a	26ab	24ab	24ab	21ab
25	14a	15a	18a	19a	18a	16a
30	4a	6a	6a	6a	5a	5a
15-25	10b	18ab	18ab	24a	23a	20a
20-30	16b	17ab	19ab	23a	19a	17a
25-35	16a	18a	18a	22a	16a	17a
CV (%)	35,39					

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A figura 7A apresenta os valores de germinação de sementes de quinoa do material genético “SI” em temperaturas constantes de 15, 20, 25 e 30 °C. No terceiro dia, as temperaturas de 20 e 25 °C apresentaram as maiores porcentagens de germinação, atingindo 72%. A partir do quinto dia, as temperaturas de 15, 20 e 25 °C não diferiram entre si. Do quarto ao oitavo dia, foram observadas as menores germinações na temperatura de 30 °C. Para os tratamentos com temperatura alternada, na figura 7B, no terceiro dia, a maior porcentagem de germinação foi de 77% observada na temperatura de 20-30 °C. Entre o quarto e o sexto dia, de modo geral, não houve diferença entre as temperaturas estudadas. No sétimo e oitavo dia, na maior temperatura, foram observadas as menores germinações. O uso de temperaturas alternadas é recomendado para algumas espécies por, possivelmente, agir sobre o tegumento das sementes, tornando-os mais permeáveis à água e ao oxigênio e, provavelmente, influenciando o equilíbrio entre as substâncias promotoras e inibidoras da germinação (CÍCERO, 1986). Em sementes de pinhão-manso e rabanete, observou-se que a temperatura alternada de 20-30°C foi a mais favorável à velocidade de germinação (MARTINS et al., 2008 e NERY et al., 2009).

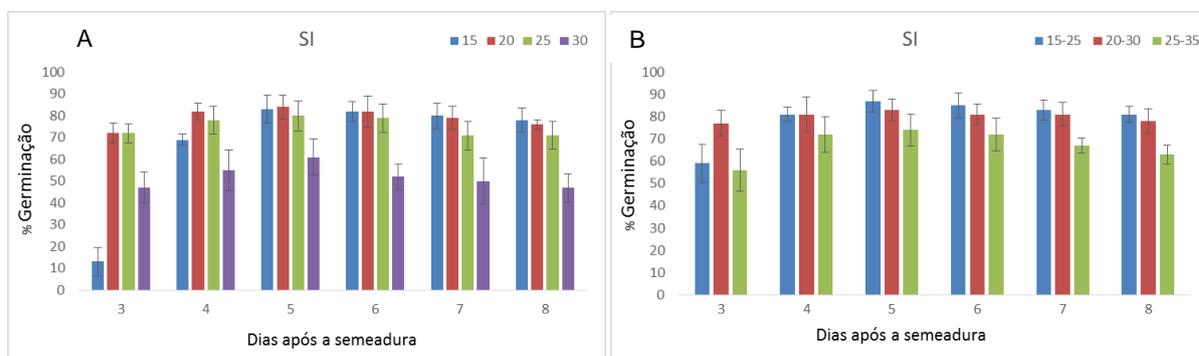


Figura 07 - Porcentagem de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), material genético “SI”, submetidas a temperaturas constantes (A) e alternadas (B) em diferentes períodos. Pelotas - RS, 2017. As barras representam os respectivos intervalos de confiança da média.

Para o material genético “SI”, a germinação ao longo do período avaliado não apresentou diferença entre o quarto e oitavo dia, com exceção da temperatura de 15 °C no quarto dia e 30 °C no oitavo dia, conforme a Tabela 6. Os maiores valores de germinação, em números absolutos, foram observados no quinto dia para todas as temperaturas estudadas, atingindo valores de até 87%.

Tabela 06 - Dados médios de germinação de sementes de quinoa, material genético "SI", em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Pelotas – RS, 2017.

Temperatura °C	Dias					
	3	4	5	6	7	8
15	13c	69b	83a	82ab	80ab	78ab
20	72a	82a	84a	82a	79a	76a
25	72a	73a	80a	79a	61a	71a
30	47b	55ab	61a	50ab	52ab	47b
15-25	59b	81a	87a	85a	83a	81a
20-30	77a	81a	83a	81a	81a	78a
25-35	56b	72a	74a	72a	67ab	63ab
CV (%)	11,01					

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na tabela 07 estão apresentados as médias de anormalidades observadas no teste de germinação dos materiais genéticos e cultivares utilizados para todas temperaturas estudadas. Como já esperado, os maiores resultados de anormalidade foram obtidos para os materiais genéticos P, A e cultivar Altiplano, os quais apresentaram menores resultados de germinação.

Tabela 07- Valores médios de anormalidades no teste de germinação para os materiais genéticos e cultivares de quinoa, avaliados em diferentes temperaturas. Pelotas – RS, 2017.

Temperatura (°C)	Materiais genéticos					
	Piabiru	Salcedo	SI	P	Altiplano	A
15	17	30	20	40	72	62
20	8	22	18	36	60	60
25	16	24	22	40	70	62
30	20	44	48	48	58	54
15-25	10	22	16	44	68	66
20-30	10	32	20	42	70	58
25-35	28	34	34	50	68	56

Para a velocidade de germinação, não houve diferença significativa nas temperaturas de 20, 25, 30 e 20-30 °C, para todas as cultivares e materiais genéticos estudados (Tabela 8). Nessas temperaturas, em valores absolutos, os menores valores foram obtidos para a cultivar BRS Piabiru, indicando maior velocidade de germinação para este material em comparação aos demais. O uso da temperatura adequada é, segundo Peske (2003), um dos fatores mais importantes para a germinação, sendo que sementes de alta qualidade terão maior amplitude de temperatura para germinar do que aquelas de baixa qualidade. No entanto, a

temperatura ótima para germinação pode ser diferente da ótima para velocidade de germinação das sementes (SILVA et al., 2002).

Já para as demais temperaturas avaliadas, o material genético “P” apresentou a maior velocidade de germinação na temperatura de 15 °C, não diferindo da cultivar Altiplano e, na temperatura alternada de 15-25 °C, não diferindo significativamente das cultivares BRS Piabiru e Salcedo e do material genético “SI”. Por fim, na temperatura de 25-35 °C, apenas a cultivar Salcedo apresentou diferença em relação às demais, onde, em valores absolutos, a cultivar BRS Piabiru apresentou a maior velocidade de germinação com valor de 5.41, sendo o menor valor observado nesta temperatura. Nassif e Perez (2000), estudando os efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim do campo, verificaram que a velocidade de germinação é linearmente dependente da temperatura.

A influência do vigor, segundo Carvalho e Nakagawa (2000), é marcante sobre todos os aspectos do processo germinativo, desde a própria possibilidade de germinação até a velocidade de germinação, tamanho e massa das plântulas. Quanto menor o tempo médio de germinação, mais rapidamente a plântula se estabelece no campo (SCALON e JEROMINE, 2013), propiciando emissão mais rápida e uniforme de raiz, sendo, portanto, eficaz para absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, maiores taxas de crescimento e produção (ROCHA et al., 2016).

Tabela 08 - Velocidade de germinação (VG) de sementes de quinoa em diferentes temperaturas. Pelotas – RS, 2017.

Temp. °C	Genótipo						CV(%)
	Piabiru	Salcedo	SI	A	P	Altiplano	
15	5,98c	5,75bc	5,94c	5,86bc	5,68a	5,73ab	1,45
20	5,48a	5,60a	5,51a	5,54a	5,58a	5,50a	1,51
25	5,48a	5,54a	5,48a	5,52a	5,54a	5,57a	1,88
30	5,39a	5,45a	5,46a	5,52a	5,52a	5,51a	2,46
15-25	5,62ab	5,68ab	5,62ab	5,76bc	5,57a	5,83c	1,72
20-30	5,55 a	5,54 a	5,50a	5,61a	5,56a	5,58a	1,40
25-35	5,41 a	5,61 b	5,52ab	5,42ab	5,54ab	5,51ab	2,07

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (1988), temperaturas inferiores ou superiores à ótima tendem a reduzir a velocidade do processo germinativo, expondo as plântulas por maior tempo a fatores adversos, podendo ocasionar redução no total de germinação. Portanto, para cada espécie, as sementes possuem capacidade de germinar dentro de uma determinada faixa de temperatura, mas o tempo necessário

para se obter a porcentagem máxima de germinação é dependente de uma temperatura específica (NETO et al., 2003). Sendo assim, no presente trabalho, a temperatura de 20 graus proporcionou os melhores resultados de germinação para sementes de quinoa. Em relação ao tempo de avaliação, o quarto dia foi o período ideal para a primeira contagem de germinação e no sexto dia foram observadas as maiores porcentagens de germinação. A figura 8 ilustra a germinação de sementes de quinoa e, a figura 9, diferenças entre plântulas anormais e normais obtidas nos testes realizados.

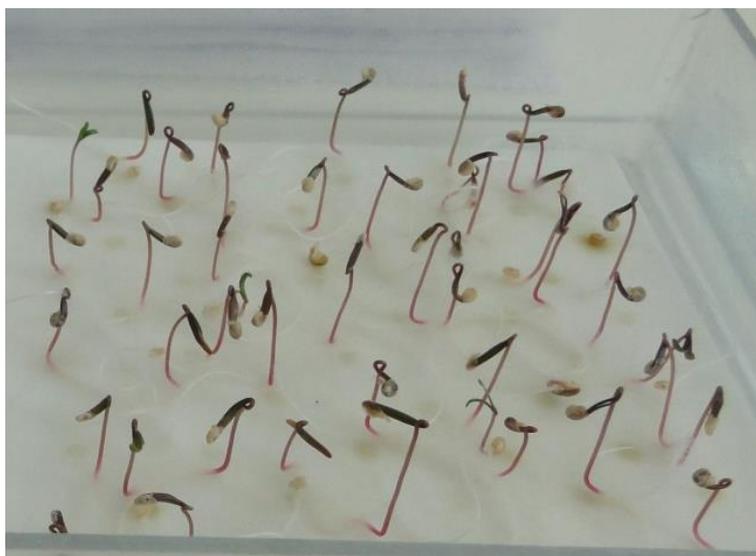


Figura 08 - Germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Pelotas - RS, 2017.

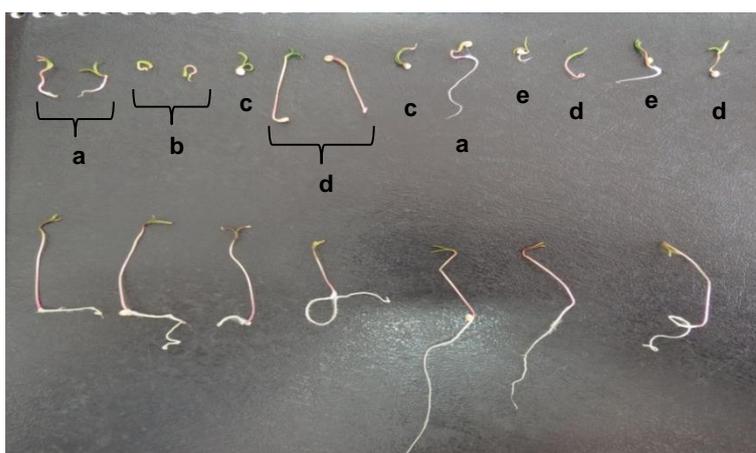


Figura 09 - Diferenças entre plântulas anormais e normais de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Pelotas - RS, 2017. a) plântulas atrofiadas, b) parte aérea atrofiada e ausência de raiz, c) ausência de hipocótilo e raiz, d) ausência de raiz, e) ausência de hipocótilo e raiz atrofiada.

2.4 Conclusão

Para avaliação da germinação de sementes de quinoa, recomenda-se as temperaturas de 20 °C ou 15-25 °C com primeira contagem aos 4 dias e contagem final aos 6 dias.

3 CAPÍTULO II - Teste de envelhecimento acelerado para sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

3.1 Introdução

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é reconhecida como um dos alimentos vegetais mais nutritivos e de alto valor biológico, apresentando composição de aminoácidos mais equilibrada em relação aos cereais utilizados na dieta humana (BHARGAVA et al., 2006). Além disso, os grãos são livres de glúten (GORINSTEIN et al., 2008) e colesterol (SPEHAR e SANTOS, 2002), constituindo-se em excelente opção para a diversificação alimentar. É uma planta andina que se originou na região próxima ao lago Titicaca, no Peru e na Bolívia.

A área cultivada com quinoa na Bolívia, Peru e Equador praticamente quadruplicou no período compreendido entre 1992 e 2014 e a cultura encontra-se em expansão pelo mundo, estando presente em mais de 70 países (FAO, 2013). No Brasil, o cultivo da espécie tem despertado interesse do setor produtivo devido às suas múltiplas aplicações, na alimentação humana, animal e também como cultura alternativa (SPEHAR, 2006).

No entanto, para obter alta produtividade da cultura, é importante conhecer a qualidade da semente no momento da semeadura, pois esse é um pré-requisito para a obtenção de plântulas vigorosas, uniformes e de qualidade (COSTA et al., 2008). Nesse sentido, são necessárias análises do potencial fisiológico das sementes por meio de testes padronizados para a espécie, capazes de estimar a qualidade fisiológica das sementes, seja através do teste de germinação ou testes de vigor, capazes de detectar diferenças fisiológicas em lotes de mesma porcentagem de germinação (PEREIRA et al., 2011).

Dentre os testes disponíveis, o de envelhecimento acelerado é um dos mais estudados e recomendados para várias espécies cultivadas, bem como já

padronizado para soja (TEKRONY, 1995). Foi desenvolvido com a pretensão de estimar a longevidade de sementes armazenadas (DELOUCHE e BASKIN, 1973) e tem sido amplamente estudado com vistas à sua padronização. Baseia-se no princípio de que lotes de sementes de alto vigor manterão sua viabilidade quando submetidos, durante curtos períodos de tempo, a condições severas de temperatura e umidade relativa, enquanto que os de baixo vigor terão sua viabilidade reduzida (RODO, 2002). O teste foi utilizado em sementes de trigo (OHLSON et al., 2010), melancia (BHERING et al., 2003), milho e soja (DUTRA E VIEIRA et al., 2004). Porém, para espécies com sementes relativamente pequenas, o envelhecimento acelerado pode apresentar limitações quanto à confiabilidade dos resultados, pois a velocidade e intensidade de absorção de água pelas sementes pode originar variações acentuadas no grau de umidade ao final do teste (FANAN et al., 2006). Para contornar esse problema, foi sugerida por Jianhua e McDonald (1997) a exposição das sementes a soluções saturadas de sais, em substituição à água, reduzindo a umidade relativa do ambiente no interior dos compartimentos individuais e, conseqüentemente, retardando e uniformizando a absorção de água pelas sementes. Resultados demonstrando o efeito positivo do emprego de solução salina saturada no teste de envelhecimento acelerado, em sementes pequenas, foram encontrados por Tunes et al. (2013) em sementes de salsa, Piva et al. (2015) em sementes de fisális, Bernardes et al. (2015) em sementes de repolho e Radke et al. (2016) em sementes de coentro.

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo aperfeiçoar a metodologia do teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de quinoa.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório Didático de Análise de Sementes–LDAS do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão – RS no ano de 2014.

Foram utilizados cinco lotes de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru. Inicialmente, foi determinado o grau de umidade das sementes e estas foram submetidas aos testes de germinação, emergência de plântulas em campo e

envelhecimento acelerado, adotando metodologia tradicional e empregando solução salina e solução salina saturada, conforme descrito a seguir.

Determinação do grau de umidade – realizada pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009).

Germinação – conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada repetição, distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel mata-borrão dentro de caixas plásticas tipo gerbox, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. As caixas foram mantidas em germinador a 20°C, sendo as avaliações realizadas no sexto dia após a semeadura e computando-se a percentagem de plântulas normais.

Emergência de plântulas em campo - foi realizada utilizando quatro sub-amostras de 100 sementes, semeadas em canteiro de 5,0 x 1,2 x 0,9 m e preenchido com solo coletado do horizonte A1 de um Planossolo Háplico eutrófico solódico. A semeadura foi equidistante e na profundidade de 0,01m. Aos 14 dias após a semeadura foi contabilizado o número de plântulas emergidas e os resultados expressos em percentagem.

Envelhecimento acelerado tradicional – foram utilizadas caixas plásticas tipo “gerbox”, possuindo em seu interior uma bandeja com tela de alumínio, cada tela dividida em seis compartimentos onde as sementes, após pesagem (2,0 g), foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme (Figura 10). Dentro de cada gerbox foram adicionados 40 mL de água destilada, proporcionando ambiente com 100 % UR. As caixas foram tampadas e mantidas em câmara do tipo BOD, a 41 °C, por períodos de 24, 48 e 72 horas. Decorrido cada período de envelhecimento, quatro amostras de 50 sementes por tratamento foram colocadas para germinar na temperatura de 20°C, por quatro dias. Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais. Foi determinado também o grau de umidade das sementes antes e após os períodos de envelhecimento, visando avaliação da uniformidade das condições do teste.



Figura 10 - Tela de alumínio dividida em seis compartimentos para a condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de quinoa. Pelotas – RS, 2017.

Envelhecimento acelerado com solução salina (SS) - Conduzido de modo semelhante ao descrito no procedimento tradicional, adicionando-se, porém, ao fundo de cada caixa plástica, 40 mL de solução salina (11g de NaCl/100 mL de água), proporcionando ambiente com 94% de UR.

Envelhecimento acelerado com solução salina saturada (SSSat) - conduzido de modo semelhante ao descrito no procedimento tradicional, adicionando-se, porém, ao fundo de cada caixa plástica, 40 mL de solução salina saturada (40g de NaCl/100 mL de água), proporcionando ambiente com 76% de UR.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. As médias obtidas nas avaliações de cada lote foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade e correlação de Pearson $p < 0,05$. Os dados referentes ao grau de umidade não foram submetidos à análise estatística. Para execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa WinStat 1.0 (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2003).

3.3 Resultados e Discussão

Pode-se observar, na tabela 09, os valores de umidade das sementes antes e após a realização dos testes de envelhecimento acelerado. O teor de água inicial variou de 9,6% a 10,5% e esses resultados são importantes, visto que a segurança dos resultados é altamente dependente do teor de água inicial das sementes

(MARCOS FILHO, 1999). Diferenças no teor de água entre lotes de 1 a 2% não são comprometedoras, porém, maiores diferenças podem alterar a velocidade de absorção de água das sementes no teste de envelhecimento, podendo interferir na deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 1999). Diferenças de um ponto percentual no grau de umidade entre lotes de sementes podem ocasionar impacto na germinação após o período de envelhecimento acelerado, principalmente para os lotes de médio e baixo vigor (TEKRONY, 2003).

No teste de envelhecimento acelerado tradicional, no período de 24 horas, o teor de água das sementes variou 3,1 pontos percentuais e, quando se empregou solução salina, a diferença foi de 0,9 pontos percentuais e, com solução salina saturada, foi de 0,7 pontos percentuais. No período de 48 horas, as diferenças entre os teores de água foram de 3,2; 1,5 e 1,4 pontos percentuais, adotando os procedimentos tradicional, com solução salina e solução salina saturada, respectivamente. Por fim, no período de 72 horas, as diferenças entre os teores de água dos lotes empregando os procedimentos tradicional, com solução salina e solução salina saturada foram de 4,1; 1,4 e 1,1 pontos percentuais, respectivamente.

De modo geral, conforme aumenta a saturação de sal na solução, menor é o acréscimo do teor de água das sementes em relação ao procedimento tradicional. A utilização de soluções salinas no teste resultou umidades relativas inferiores nas minicâmaras, comparativamente ao procedimento tradicional. Essa menor umidade relativa auxilia para que a absorção de água pelas sementes ocorra em menor intensidade e maior uniformidade, fazendo com que ocorra menor intensidade de deterioração e menor variação entre os resultados (JIANHUA e MCDONALD, 1997). Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2011), em sementes de almeirão e Almeida et al. (2016), com sementes de alface.

Diante dos resultados apresentados, podemos afirmar que as sementes, quando expostas ao teste de envelhecimento acelerado empregando soluções salinas, apresentaram absorção de água mais controlada, favorecendo a obtenção de resultados mais confiáveis.

Tabela 09 - Teor de água (%) de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru, antes e após o teste de envelhecimento acelerado, adotando procedimento tradicional, com emprego de solução salina (SS) e solução salina saturada (SSSat).Pelotas – RS, 2017.

Períodos (h)	Lotes	Teor de água	Teor de água		
			Tradicional	SS	SSSat
24	1	9,7	17,3	16,9	11,1
	2	9,6	18,6	17,0	11,2
	3	9,8	16,0	17,4	11,8
	4	10,5	17,8	17,0	11,7
	5	10,5	19,2	16,5	11,6
48	1	9,7	21,1	15,2	10,4
	2	9,6	22,0	16,7	11,5
	3	9,8	20,1	15,8	11,3
	4	10,5	21,4	15,3	11,4
	5	10,5	18,9	16,1	11,1
72	1	9,7	27,7	17,6	11,1
	2	9,6	26,2	16,4	11,1
	3	9,8	27,8	17,7	11,1
	4	10,5	25,3	16,6	11,2
	5	10,5	23,7	16,3	12,2

Na tabela 10, são apresentados os resultados obtidos na caracterização inicial do lotes utilizados, pelos testes de germinação e emergência de plântulas em campo. Considerando-se tanto a análise estatística como o valor absoluto das comparações entre as médias, o lote 4 foi considerado como de maior qualidade fisiológica, apresentando 90% de germinação, não diferindo estatisticamente dos lotes 1, 2 e 5, e 93% de emergência de plântulas em campo. Já os lotes 1, 2 e 5 apresentaram qualidade fisiológica intermediária e o lote 3 foi considerado de baixa qualidade fisiológica, com 76% de germinação, não diferindo estatisticamente dos lotes 1, 2 e 5 e 71% de emergência de plântulas, não diferindo dos lotes 1 e 2.

Tabela 10 - Germinação e emergência de plântulas em campo de cinco lotes de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru. Pelotas – RS, 2017.

Lotes	Germinação (%)	Emergência (%)
1	85ab*	76bc
2	79ab	79bc
3	76b	71c
4	90a	93a
5	84ab	82b
CV(%)	6,55	7,43

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey($p < 0,05$).

Na tabela 11, estão os resultados obtidos no teste de envelhecimento acelerado, adotando os procedimentos tradicional, com solução salina e solução salina saturada, nos períodos de 24, 48 e 72 horas. Observa-se que o teste detectou diferenças entre os lotes, possibilitando estratificá-los quanto à qualidade fisiológica. Verificou-se, também, que o lote 4 foi o que obteve os melhores resultados no teste de envelhecimento acelerado, em todas as condições e períodos de tempo testados.

No teste de envelhecimento acelerado empregando o procedimento tradicional, à exceção do lote 1 e do lote 4, a 24 horas, e do lote 1, a 48 horas, em números absolutos, os resultados foram inferiores quando comparados com o teste empregando solução salina e solução salina saturada, em todos os períodos testados. Outro aspecto a ser considerado é que as sementes de todos os lotes, apresentaram alta incidência de fungos, após o teste. A vantagem da adição de sal na solução, no teste de envelhecimento acelerado, é a redução do desenvolvimento de fungos nas sementes devido à restrição da umidade relativa no interior das mini câmaras utilizadas para realização do teste e, também, em razão da liberação para o meio de íons de cloro e de sódio os quais têm ação antifúngica, contribuindo para a redução da proliferação de fungos (CARVALHO et al., 2011; KIKUTI et al.; 2005). Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira e Novembre (2016) com sementes de urucum, onde a utilização do sal na solução do teste diminuiu a incidência e proliferação de fungos.

Para os períodos avaliados nos testes de envelhecimento tradicional, com solução salina e solução salina saturada, os resultados obtidos no período de 72 horas foram inferiores, na maioria dos lotes, em relação aos períodos de 24 e 48 horas. De acordo com Qin et al. (2011), o maior período de exposição das sementes ao envelhecimento artificial acarreta maior deterioração devido ao acúmulo de espécies

reativas de oxigênio, que causam peroxidação lipídica, danificando o sistema de membranas, permitindo a entrada de água mais rapidamente nas células, elevando o teor de água das sementes.

Observou-se, também, que o envelhecimento acelerado com solução salina saturada foi a condição que causou menor estresse às sementes, evidenciado, de modo geral, pelos maiores resultados em valores absolutos obtidos nessa condição. Esse resultado era esperado devido ao grau de umidade encontrado nas sementes após o teste (Tabela 9), mostrando que a absorção de água das sementes foi inferior aos procedimentos empregando somente água e solução salina. Porém, os resultados demonstram que, mesmo com teor de água inferior (SS e SSSat), há estresse para reduzir a germinação (TUNES et al., 2011; KIKUTI e MARCOS FILHO, 2012). Esse método alternativo de envelhecimento acelerado tem se mostrado mais apropriado para sementes pequenas (JIANHUA e McDONALD, 1997), como as de quinoa.

Tabela 11- Plântulas normais obtidas após os períodos de envelhecimento acelerado adotando procedimento tradicional, com solução salina e solução salina saturada, em cinco lotes de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru. Pelotas - RS, 2017.

Períodos (h)	Lotes	Soluções		
		Tradicional	SS	SSSat
24	1	76b*	72c	78b
	2	68b	72c	80b
	3	75b	77bc	76b
	4	98a	91a	92a
	5	39c	83ab	83ab
CV(%)		7,61	5,95	5,41
48	1	65a	65b	68ab
	2	45b	51c	61b
	3	36bc	53c	61b
	4	61a	89a	84a
	5	27c	71b	81a
CV(%)		12,38	18,99	11,47
72	1	36b	56c	66bc
	2	26bc	42d	54c
	3	35b	41d	49c
	4	71a	89a	92a
	5	19c	71b	86ab
CV(%)		20,57	8,48	12,52

*Médias seguidas da mesma letra na coluna, em cada período avaliado, não diferem entre si pelo teste de Tukey(p<0,05).

Em geral, o período de 24 horas de exposição das sementes ao estresse, através do envelhecimento acelerado, nas diferentes condições, foi sensível para detectar diferenças entre os lotes avaliados. Porém, o teste conduzido pelo método tradicional apresentou alto índice de fungos, o que afetou em maior grau o lote 5, que apresentou, nessa condição, decréscimo acentuado na germinação. O lote 3, considerado como de menor qualidade pelos testes de germinação e emergência de plântulas, expressou essa condição quando o teste de envelhecimento acelerado foi conduzido empregando solução salina e solução salina saturada nos diferentes períodos. No entanto, as condições do teste e os períodos que melhor estratificaram os lotes, de acordo com os resultados do teste de emergência de plântulas, foi o uso de solução salina nos períodos de 48 e 72 horas e de solução salina saturada, por 72 horas (Tabela 11).

Esses resultados foram comprovados pelo teste de correlação entre germinação e emergência de plântulas com os diferentes procedimentos do teste de envelhecimento acelerado (Tabela 12). Pode-se observar que as maiores correlações foram observadas para a emergência de plântulas e os resultados do teste de envelhecimento acelerado empregando solução salina, por 48e 72h, com resultados de 0,70** e 0,77**, respectivamente, e empregando solução salina saturada, por 72h com valor de 0,72**, conforme salientado anteriormente.

Tabela 12 - Correlações lineares entre as variáveis: germinação (**G**) e emergência de plântulas a campo (**EC**) com os resultados dos testes de envelhecimento acelerado empregando os procedimentos tradicional, com solução salina (**SS**) e solução salina saturada (**SSSat**), nos períodos de 24, 48 e 72horas. Pelotas – RS, 2017.

	Tradicional			SS			SSSat		
	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h
G	0,16 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,52*	0,66**	0,64**	0,63**	0,57**
EC	0,30 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,63**	0,66**	0,70**	0,77**	0,66**	0,65**	0,72**

^{ns}Não significativo pelo teste t, **significativo pelo teste t em nível de 1% de probabilidade de erro, *significativo pelo teste t em nível de 5% de probabilidade de erro.

Desta forma, pode-se afirmar que o teste de envelhecimento acelerado com a adição da solução salina não acarretou redução acentuada na germinação das sementes de quinoa, relativamente ao procedimento tradicional. Isso ocorreu devido à

redução da quantidade de água absorvida pelas sementes, que atenuou a deterioração das sementes de quinoa, em relação ao normalmente verificado quando se adota o procedimento tradicional. Estudos com resultados similares foram constatados por Pereira et al. (2015), com sementes de coentro, Tunes et al. (2012), para sementes de arroz, Ávila et al. (2006), com sementes de rabanete e Torres (2005), para sementes de pimenta-malagueta.

3.4 Conclusões

O teste de envelhecimento acelerado conduzido a 41 °C por 72 horas com uso de solução salina é eficiente para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de quinoa.

4 CAPÍTULO III - Teste de frio e de condutividade elétrica em sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

4.1 Introdução

Chenopodium quinoa Willd. pertence à família Amaranaceae e ao gênero *Chenopodium* (BAZILE e BAUDRON, 2014). Seu cultivo se encontra em vários e diversos ambientes na América do Sul e adapta-se a diferentes altitudes, desde o nível do mar até 3800m (RISI e GALWEY, 1989; WILSON, 1990). A cultura encontra-se em expansão pelo mundo e a área cultivada nos principais países produtores, Bolívia, Peru e Equador, praticamente quadruplicou no período compreendido entre 1992 e 2014 (FAO, 2013). Devido ao seu valor econômico promissor e sua alta qualidade nutricional, a quinoa tem despertado interesse em pesquisas em várias partes do mundo (ALVES, 2008), no entanto existem poucos estudos referentes a qualidade fisiológica das sementes, principalmente para avaliação do vigor.

A qualidade de um lote de sementes compreende uma série de atributos, sendo eles de característica genética, física, fisiológica e sanitária e são esses atributos que determinam o seu valor para a semeadura. Destes, pode ser destacado o potencial fisiológico, diretamente responsável pelo desempenho das sementes em campo e durante o armazenamento (RODO et al., 2000). Dentre as determinações do potencial fisiológico das sementes, o teste de germinação é utilizado rotineiramente em laboratório. No entanto, pesquisadores, produtores de sementes e agricultores não têm se mostrado satisfeitos com as informações fornecidas por esse teste, o qual é realizado sob condições controladas de ambiente, que geralmente superestimam a qualidade da semente (MARCOS FILHO et al., 1987). Sendo assim, o desenvolvimento e/ou padronização de testes de vigor objetiva identificar possíveis

diferenças no potencial fisiológico de lotes que apresentem poder germinativo semelhante.

Atualmente, os testes de vigor trazem benefícios a todos os segmentos da produção de sementes de diversas culturas. Testes de vigor, como o teste de frio, vêm sendo amplamente utilizados e sua aplicação avalia a habilidade das sementes germinarem quando expostas ao solo com baixa temperatura e alta umidade (CICERO et al., 1989). Um dos efeitos principais da baixa temperatura é dificultar a reorganização das membranas celulares durante a embebição, tornando mais lento tanto esse processo como o de germinação (BURRIS e NAVRATIL, 1979). Nessas condições, as possibilidades de sobrevivência das sementes vigorosas são maiores.

Muitos laboratórios estão investindo em testes para avaliar a qualidade dos lotes de sementes, servindo para decisões quanto ao manejo de lotes durante as etapas de pós-colheita das sementes (RODRIGUES et al., 2015). Os testes que exigem períodos de tempo curto fundamentam-se nos eventos iniciais da deterioração, baseando-se na integridade das membranas celulares, como o teste de condutividade elétrica. Esse teste tem se mostrado uma alternativa interessante pela qualidade e rapidez na determinação do vigor da semente, permitindo obter resultados rapidamente (DELOUCHE et al., 1976; FRANÇA NETO et al., 1988; COSTA E MARCOS FILHO, 1994).

O teste de condutividade elétrica vem sendo empregado principalmente para sementes de grandes culturas havendo, portanto, poucas pesquisas com sementes de espécies olerícolas, florestais exóticas e essências nativas e forrageiras (SÁ, 1999). No teste de condutividade, a qualidade das sementes é avaliada através da sua imersão em água e determinação da condutividade da solução de embebição, que indicará o nível de qualidade do lote avaliado. Assim, baixos valores de condutividade (baixa lixiviação) indicam que as sementes apresentam alta qualidade, enquanto valores elevados estão relacionados a sementes de qualidade inferior (WOODSTOCK, 1973). Procedimentos para estimativa do vigor de sementes de quinoa ainda são inexistentes. O desenvolvimento ou adaptação de metodologias que permitam a determinação do vigor de sementes de quinoa permitirá ao agricultor melhor estimativa da qualidade fisiológica de suas sementes, permitindo formação de melhor estande na lavoura. De acordo com Abdul-Baki (1980), durante a embebição, os sistemas de membranas das sementes se reorganizam, readquirindo sua permeabilidade, e o ideal é que este processo ocorra no menor período possível,

reduzindo a ocorrência de misturas indesejáveis do conteúdo celular e a lixiviação comprometedoras de eletrólitos. Portanto, é essa velocidade de reorganização do sistema de membranas que reflete o vigor da semente (SÁ, 1999). Desta forma, o objetivo do trabalho foi aperfeiçoar as metodologias dos testes de frio e condutividade elétrica, para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quinoa.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório Didático de Análise de Sementes–LDAS do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão – RS no ano de 2015.

Foram utilizados quatro lotes de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru. Para caracterização inicial dos lotes, as sementes foram submetidas aos testes de germinação e emergência a campo, conforme metodologia descrita a seguir.

Germinação – conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada repetição, distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel mata-borrão dentro de caixas plásticas tipo gerbox, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. As caixas foram mantidas em germinador a 20°C, sendo as avaliações realizadas no sextodía após a semeadura e computando-se a percentagem de plântulas normais (conforme capítulo 1).

Emergência a campo - foi realizada utilizando quatro sub-amostras de 100 sementes, semeadas em canteiro de 5,0 x 1,2 x 0,9 m e preenchido com solo coletado do horizonte A1 de um Planossolo Háplico eutrófico solódico. A semeadura foi realizada no mês de abril sendo essa equidistante e na profundidade de 0,01m. Aos 14 dias após a semeadura, foi contabilizado o número de plântulas emergidas e os resultados foram expressos em percentagem.

Adequação de metodologias dos testes

Adequação das metodologias dos testes de frio e condutividade elétrica para verificar a eficiência de cada metodologia na classificação do vigor.

Teste de frio - conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada lote, distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel mata-borrão dentro de caixas plásticas tipo gerbox, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Logo após, as caixas foram levadas para BOD nas temperaturas de 2, 5 e 10 °C (± 1 °C) nos períodos de 3, 5 e 7 dias. Decorridos os respectivos períodos, as amostras foram transferidas para germinador, a 20°C, por três dias e, em seguida, efetuaram-se as contagens de plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais por lote.

Condutividade elétrica - foi realizado com quatro subamostras de 25, 50 e 75 sementes por lote, pesadas com precisão de 0,01 g, e imersas em 25 mL de água deionizada em copos de plástico (capacidade de 50mL), conforme estabelecido em teste preliminar (dados não apresentados). As sementes foram mantidas a 20 °C, durante 1, 3, 5, 7 e 24 horas na sala de germinação. Após cada período, foi determinada a condutividade elétrica da solução de embebição, por meio de condutímetro, e os resultados, expressos em $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ (MARCOS FILHO e VIEIRA, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições estatísticas. As médias obtidas nas avaliações de cada lote foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para os dados da porcentagem de germinação foi utilizada a transformação arco-seno da raiz de $x/100$. Também foi realizada a análise de correlação de Pearson entre os resultados dos testes de emergência de plântulas em campo e os testes de frio e condutividade elétrica.

4.3 Resultados e Discussão

Na tabela 13, pode-se observar os dados da caracterização dos lotes de sementes de quinoa, realizada pelos testes de germinação e emergência de plântulas a campo. Pode-se observar que para ambos os testes, o lote 1 mostrou-se inferior, apresentando germinação de 78% e emergência de plântulas de 60%, e os demais lotes estudados apresentaram porcentagens acima de 90 tanto para germinação quanto para emergência de plântulas.

Tabela 13- Resultados médios de plântulas normais dos testes de germinação e emergência de plântulas a campo de quatro lotes de sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru. Pelotas – RS, 2017.

Lote	Germinação (%)	Emergência (%)
1	78 b*	60 b
2	97 a	91 a
3	91 a	91 a
4	96 a	91 a
CV (%)	4,48	3,70

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey(p<0,05).

Observa-se na tabela 14 os resultados do teste de frio nas sementes de quinoa, cultivar BRS Piabiru, quando submetidas às temperaturas de 2, 5 e 10°C nos períodos de 3, 5 e 7 dias. Constatou-se que somente a exposição das sementes a cinco dias, a 2 °C, sete dias a 2 e 5 °C resultaram em comportamento similar ao apresentado pelas sementes no teste de emergência a campo. Para as demais combinações, o teste apresentou resultados distintos e não lógicos, impossibilitando a definição do melhor período e temperatura para a estratificação dos lotes em diferentes níveis de vigor. No entanto, na temperatura de 2 °C, o teste apresentou os melhores resultados devido ao comportamento semelhante dos lotes dentro de cada período avaliado, à exceção do lote 3, no período de três dias, a 2 °C. Na temperatura de 10 °C, de modo geral, em valores absolutos, os valores de germinação foram menores. Durante a execução do teste, foi possível observar o início do processo germinativo para as três temperaturas avaliadas, desde o menor período estudado. Nas temperaturas de 2 e 5 °C, observou-se a protrusão da radícula (Figura 11). Esse fato também foi constatado por Fannan et al. (2006), trabalhando com semente de trigo, a 5 °C. Já na temperatura de 10 °C, em todos períodos do teste, foram obtidas plântulas normais antes mesmo da transferência para as condições do teste de germinação. Desta forma, os menores resultados do teste de frio, a 10 °C, podem ser justificados pela morte das plântulas devido ao longo período do teste, corroborando com os resultados obtidos no capítulo de germinação. A quinoa tem o centro de origem em regiões de baixas temperaturas, suportando temperaturas de -4 °C (FAO, 2011) portanto, testes para avaliar o vigor das sementes de quinoa empregando baixas temperaturas podem não ser eficientes pois, mesmo a 2 °C, houve protrusão da radícula. A baixa eficiência do teste de frio para avaliação do vigor também foi constatada por Coimbra et al (2009) e Fannan et al (2006), trabalhando com sementes

de milho-doce e de trigo, respectivamente. Já, Vieira et al (2016) trabalhando com sementes de aveia preta e Oliveira et al (2015) com sementes de pinhão manso, conseguiram diferenciar lotes em níveis de vigor pelo teste de fio.

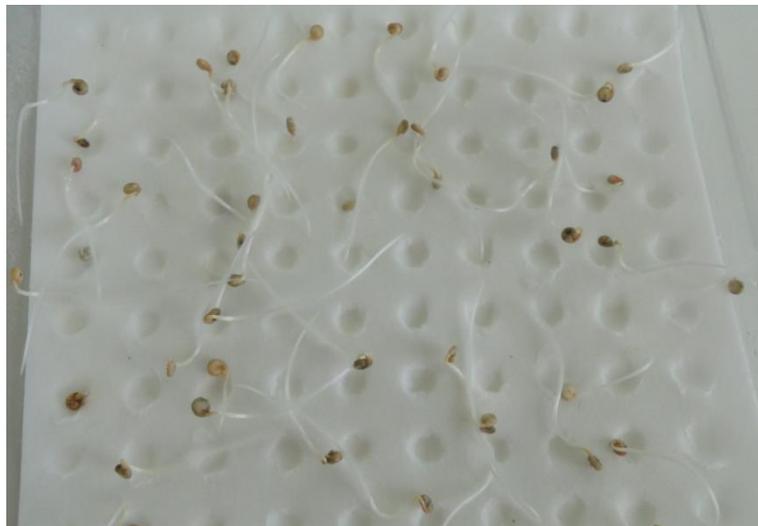


Figura 11 - Plântulas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), cultivar BRS Piabiru, após 7 dias a 5 °C. Pelotas - RS, 2017.

Tabela 14 - Resultados médios de plântulas normais de quinoa, cultivar “BRS Piabiru”, após o teste de frio nos períodos de 3, 5 e 7 dias, nas temperaturas de 2, 5 e 7 °C. Pelotas – RS, 2017.

Período	Lote	Temperatura (°C)		
		2	5	10
3 DIAS	1	48 c*	63 c	48 c
	2	91 a	85 b	67 a
	3	70 b	84 b	58 b
	4	82 a	93 a	65ab
	CV (%)	-	8,45	3,92
5 DIAS	1	48 b	48 c	53 a
	2	89 a	85 a	33 b
	3	80 a	67 ab	47 a
	4	81 a	63 bc	30 b
	CV (%)	-	10,68	15,33
7 DIAS	1	43 b	64 b	46 a
	2	84 a	89 a	49 a
	3	84 a	86 a	49 a
	4	87 a	87 a	39 b
	CV (%)	-	9,75	10,42

*Médias seguidas da mesma letra na coluna, em cada período avaliado, não diferem entre si pelo teste de Tukey($p < 0,05$).

Os resultados de condutividade elétrica estão descritos na tabela 15. Observou-se que, a partir de 1 hora de embebição, independente do número de sementes utilizado, o teste estratificou os lotes, demonstrando maior vigor para o lote 4, vigor intermediário para os lotes 2 e 3 e baixo vigor para o lote 1. A partir de 3h com 25 sementes, observou-se a maior estratificação dos lotes, estatisticamente, que se manteve até o maior período de avaliação. A estratificação dos lotes com o menor número de sementes, no menor período de tempo, corrobora com resultados obtidos por Araújo et al. (2011), Pinto et al. (2016) e Batista et al. (2012), trabalhando com sementes de feijão mungo verde, *Brachiaria brizantha* e feijão caupi, respectivamente. Também verificou-se que, à medida que aumentou o número de sementes, foi necessário maior período de tempo para estratificar os lotes de vigor intermediário. Assim como observado no teste de emergência de plântulas a campo, para o teste de condutividade elétrica, o lote 1 apresentou a menor qualidade fisiológica. Ainda, foi possível identificar diferenças entre os lotes 2 e 3 que não haviam sido observadas no

teste de emergência de plântulas a campo. No entanto, essas diferenças podem não ser confiáveis, pois o teste detecta facilmente até pequenas diferenças entre os lotes.

Tabela 15 - Dados médios de condutividade elétrica em sementes de quinoa, cultivar “BRS Piabiru”, utilizando 25, 50 e 75 sementes nos períodos de 1, 3, 5, 7 e 24 horas. Pelotas – RS, 2017.

Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)				
Períodos (horas)	Lote	Número de sementes		
		25	50	75
1	1	765,6 c*	661,0 c	712,2 c
	2	499,0 b	483,4 b	463,7 b
	3	532,9 b	447,0 b	440,5 b
	4	281,3 a	308,0 a	294,3 a
CV (%)	-	4,8	7,8	3,5
3	1	832,3 d	844,2 c	807,3 c
	2	555,7 b	574,8 b	572,2 b
	3	665,4 c	521,7 b	527,9 b
	4	353,1 a	296,9 a	287,8 a
CV (%)	-	3,6	6,9	9,9
5	1	875,0 d	874,7 d	823,1 c
	2	614,5 b	616,1 c	598,1 b
	3	708,0 c	559,2 b	563,2 b
	4	371,3 a	365,7 a	365,5 a
CV (%)	-	2,4	3,6	3,8
7	1	921,3 d	881,6 d	838,5 d
	2	657,6 b	633,1 c	610,3 c
	3	748,4 c	587,5 b	572,3 b
	4	384,5 a	386,5 a	380,5 a
CV (%)	-	3,0	3,5	2,6
24	1	981,7 d	942,4 d	892,6 d
	2	730,4 b	679,7 c	643,5 c
	3	811,5 c	629,7 b	614,2 b
	4	427,6 a	396,7 a	407,9 a
CV (%)	-	3,9	4,1	2,5

*Médias seguidas da mesma letra na coluna, em cada período avaliado, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Visando obter maior confiabilidade dos resultados, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 16), entre os resultados dos testes de frio e condutividade elétrica e emergência de plântulas a campo. Segundo Marcos Filho

(1999), a eficiência de um teste de vigor está na classificação dos lotes em diferentes níveis, proporcionalmente aos resultados obtidos no teste de emergência a campo. Observou-se que, para o teste de frio, as maiores correlações foram obtidas na temperatura de 2 °C em todos períodos avaliados e 5 °C aos três dias, a nível de 1% de probabilidade. Já para o teste de condutividade elétrica, todas variáveis apresentaram altos coeficientes de correlação negativa com valores mínimos de 0,70, a 1% de probabilidade.

Tabela 16 - Correlações lineares entre os resultados dos testes de frio e condutividade elétrica, para todos os tratamentos, e os resultados do teste de emergência de plântulas a campo. Pelotas – RS, 2017.

		Teste de Frio				
		3 Dias				
		2 °C	5 °C	10 °C		
Emergência a Campo		0,89**	0,90**	0,73**		
			5 Dias			
		2 °C	5 °C	10 °C		
		0,86**	0,69**	-0,68**		
			7 Dias			
		2 °C	5 °C	10 °C		
		0,90**	0,82**	-0,10 ^{ns}		
			Condutividade Elétrica			
			25 sementes			
	1hora	3horas	5horas	7horas	24horas	
	-0,80**	-0,74**	-0,72**	-0,70**	-0,68**	
		50 sementes				
	1hora	3horas	5horas	7horas	24horas	
	-0,83**	-0,80**	-0,83**	-0,82**	-0,81**	
		75 sementes				
	1hora	3horas	5horas	7horas	24horas	
	-0,88**	-0,75**	-0,82**	-0,83**	-0,83**	

^{ns}Não significativo pelo teste t, **significativo pelo teste t em nível de 1% de probabilidade de erro.

Os resultados do teste de frio, apesar de apresentarem similaridade com os resultados do teste de emergência a campo na temperatura de 2 °C aos 5 e 7 dias, não apresentaram resultados consistentes, impossibilitando uma definição confiável dos parâmetros para execução do mesmo em sementes de quinoa.

A determinação do vigor de sementes de quinoa da cultivar BRS Piabiru, pelo teste de condutividade elétrica não apresentou comportamento equivalente ao de emergência a campo, nas condições estudadas, necessitando de maiores estudos

para tal fim. Abreu et al (2011) também não verificaram eficiência do teste para avaliação da deterioração em sementes de girassol.

4.4 Conclusões

Os testes de frio conduzido a 2 °C por 5 dias é eficiente na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quinoa.

5 CAPÍTULO IV - Armazenamento de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sob diferentes ambientes e embalagens

5.1 Introdução

A produção de sementes é constituída por vários processos que culminam com o armazenamento (OLIVEIRA et al., 1999), que começa na maturidade fisiológica, no chamado armazenamento de campo se estendendo até a semeadura. Este, por sua vez, é fundamental para a preservação da qualidade da semente, visto que, depois da colheita a mesma continua ativa metabolicamente, necessitando de condições adequadas para não perder sua viabilidade e vigor (ANDRADE et al., 2012).

A capacidade de uma semente em manter sua qualidade durante o armazenamento depende da longevidade inerente à espécie, da sua qualidade inicial e das condições ambientais de armazenamento (CARVALHO e VILLELA, 2006). Todo processo produtivo pode ser realizado sob um sistema rigoroso de inspeção, colheita apropriada e beneficiada para a mais alta pureza física, porém, a qualidade fisiológica das sementes pode ser perdida se o armazenamento for realizado sob condições inadequadas ou se as sementes forem mantidas com elevado teor de água (NOBRE et al., 2013).

Mesmo que as condições de armazenamento sejam controladas, o processo de deterioração das sementes é inevitável (SILVA et al., 2011). Durante esse período, há fatores interferentes no potencial de armazenamento que geram condições que poderão favorecer a proliferação de patógenos, acelerando a deterioração das sementes (ANDRADE et al., 2012).

Durante o processo deteriorativo, as sementes perdem vigor ao longo do tempo, reduzindo a velocidade e a uniformidade de emergência, diminuindo a resistência às condições adversas e reduzindo o potencial de formação de plântulas normais, até perderem completamente a viabilidade ou a capacidade de germinarem (HALMER e BEWLEY, 1984).

As sementes de quinoa são classificadas como ortodoxas (ELLIS et al., 1990), podendo perder água até atingirem baixos teores, sendo que a longevidade no armazenamento aumenta com a diminuição do teor de água das sementes e da temperatura do ambiente (HONG e ELLIS, 2003).

O aumento da umidade e da temperatura, durante o armazenamento, são os principais fatores que influenciam negativamente na qualidade fisiológica da semente (CANEPPELE, 1995). A umidade relativa do ar está relacionada com o teor de água das sementes e com a qualidade fisiológica. Já a temperatura altera a velocidade dos processos bioquímicos interferindo no teor de água do produto e, conseqüentemente, no metabolismo (CARVALHO e NAKAGAWA, 1983).

Outro fator que influencia a deterioração de sementes é a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), que vem sendo largamente estudadas no campo de fisiologia de sementes. O acúmulo de EROs está associado com a deterioração de sementes, gerando reações com ácidos graxos polinsaturados, levando a peroxidação de lipídios e a destruição das membranas celulares (SENARATNA et al., 1988; PUKACKA, 1991; MC DONALD, 1999). As principais EROs são o oxigênio singleto (O_2), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical superóxido (O_2^-) e o radical hidroxila (OH^-) (SCANDALIOS, 1993). Para evitar a aceleração das perdas por deterioração por intoxicação, as células possuem mecanismos de enzimas removedoras de EROs (BAILLY, 2004; MC DONALD, 1999), incluindo as superóxidos dismutase (SOD), peroxidases do ascorbato (APX) e a catalase (CAT) (MITTLER, 2003; SCANDALIOS, 2005).

Além dos fatores mencionados, a manutenção da qualidade fisiológica da semente sofre interferência do tipo de embalagem utilizada para o armazenamento (FERREIRA e BORGHETTI, 2004). O uso de embalagens adequadas auxilia na conservação da qualidade das sementes, propiciando, ou não, trocas de umidade com a atmosfera. A escolha do tipo de embalagem mais adequada depende do período de armazenamento, da espécie e do teor de água das sementes (MARCOS FILHO, 2015). Devido a produção de quinoa ainda ser pequena no Brasil, concentrando-se

em pequenos agricultores, é importante identificar condições baratas de armazenamento, possibilitando o uso para todos.

Para Carvalho e Nakagawa (2000), na tomada de decisão para a escolha da embalagem, devem ser consideradas as condições climáticas sob as quais as sementes serão armazenadas até a semeadura da próxima safra, a modalidade de comercialização das sementes, a disponibilidade do material e as características mecânicas das embalagens. Entretanto, inexpressiva ênfase tem sido dirigida às sementes de quinoa e, pesquisas direcionadas a estudar métodos de armazenamento dessas sementes são praticamente inexistentes, sobretudo em nossas condições. Sendo assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade de sementes de quinoa armazenadas em diferentes embalagens e condições de armazenamento.

5.2 Material e Métodos

O estudo foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas. Utilizaram-se sementes de quinoa cv. BRS Piabiru produzidas no ano de 2014 na estação experimental de Terras Baixas da Embrapa na região de Pelotas-RS. Após a colheita, as panículas foram submetidas a secagem artificial em estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 35°C até atingirem aproximadamente 12% de umidade. Imediatamente após a secagem, as sementes foram limpas e armazenadas em dois tipos de embalagens (permeável e impermeável), em três condições de ambiente por até 180 dias, constituindo-se assim dois experimentos, um para cada embalagem utilizada.

Para as embalagens permeáveis, usaram-se sacos de papel vedados com fita adesiva e, para as impermeáveis, usaram-se garrafas do tipo pet (Poli [Tereftalato de Etileno]) com capacidade de 250 ml preenchidas com algodão puro, embaladas em papel alumínio, fechadas com tampa e seladas com parafina derretida. Foram feitas três repetições de cada embalagem para cada época de avaliação, sendo assim, após o uso das sementes, as embalagens eram descartadas.

As condições de armazenamento foram as seguintes: a) ambiente não controlado (ANC) (sala escura sob condições de umidade e temperatura não controladas); b) câmara fria (CF) (16 °C e 60% umidade relativa do ar); e c) refrigerador (REF) (8 °C e 20% umidade relativa do ar).

Após o preparo dos materiais, as sementes foram analisadas no tempo 0, 45, 90, 135 e 180 dias. Os testes realizados durante esses períodos para acompanhar o desempenho das sementes em cada condição e embalagem foram o de germinação, envelhecimento acelerado, emergência de plântula a campo, teor de água, peroxidação de lipídios, peróxido de hidrogênio e atividade enzimática da catalase, superóxido dismutase e ascorbatoperoxidase, conforme descrito a seguir.

Teste de germinação: foram semeadas quatro sub-amostras de 50 sementes em caixas plásticas (11x11x3 cm) sobre duas folhas de papel filtro umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Após a semeadura, as caixas contendo as sementes foram tampadas e acondicionadas em câmara de germinação do tipo BOD regulada a 20 °C por 6 dias (conforme capítulo 1). Os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais.

Teste de envelhecimento acelerado: as sementes de quinoa foram dispostas em tela metálica sobre caixa plástica transparente (11x11x3 cm) contendo no fundo 40 ml de solução salina não saturada (11g NaCl diluída em 100 ml de água) Jianhua e McDonald (1996) e tampadas. As caixas contendo as sementes permaneceram em BOD regulada a 41 °C por 48 horas, após foi montado o teste de germinação de acordo com o mencionado acima e a avaliação ocorreu aos quatro dias após a semeadura conforme descrito no capítulo 2. O resultado foi expresso em percentagem de plântulas normais.

Emergência a campo: foram realizadas utilizando quatro sub-amostras de 100 sementes, semeadas em canteiro de 5,0 x 1,2 x 0,9 m e preenchido com solo coletado do horizonte A1 de um Planossolo Háplico eutrófico solódico. A semeadura foi equidistante e na profundidade de 0,01m. Aos 14 dias após a semeadura foi contabilizado o número de plântulas emergidas e os resultados expressos em percentagem.

Teor de água: foi determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas, conforme descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Peroxidação de lipídios: determinada através da medição da concentração de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Duzentos miligramas de tecido foliar e radicular foram macerados em N_2 líquido acrescido de 20% de PVPP (Polivinilpolipirrolidona) e homogeneizado em ácido tricloacético (TCA) 0,1% (p/v). O homogeneizado foi centrifugado a 10.000 g por 10 minutos. A seguir, 250 μL do sobrenadante foram adicionados a 1 mL da solução contendo 0,5% (p/v) de ácido

tiobarbitúrico (TBA) e 10% (p/v) de TCA. O meio de reação foi incubado a 95 °C por 30 minutos mantendo os tubos fechados, paralisando a reação por resfriamento rápido em banho de gelo e água. A absorvância das TBARS formadas foi determinada em espectrofotômetro a 535 nm e 600 nm. O TBA forma complexos de cor avermelhada, com aldeídos de baixa massa molecular, como o malondialdeído (MDA), produto secundário do processo de peroxidação. A concentração do complexo MDA/TBA foi calculada pela seguinte equação: $[MDA] = (A_{535} - A_{600})/(\xi \cdot b)$, onde ξ é o coeficiente de extinção ($1,56 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$) e b é o comprimento ótico ($b = 1$). A peroxidação foi expressa em nmol de MDA g^{-1} de massa fresca.

Peróxido de hidrogênio (H_2O_2): determinado conforme metodologia descrita por Velikova et al. (2000). As plântulas foram maceradas em uma solução a 0,1% (w/v) de ácido tricloacético (TCA) e o homogeneizado centrifugado a 12.000 g por 15 min. A seguir, 0,5 mL do sobrenadante foram adicionados a 0,5 mL de tampão fosfato de potássio 10 mM (pH 7.0) e 1 mL de iodeto de potássio 1 M. O sobrenadante foi coletado e as leituras realizadas em espectrofotômetro a 390 nm. O conteúdo de H_2O_2 foi calculado através da comparação das leituras com uma curva padrão obtida a partir de diferentes concentrações de H_2O_2 .

Análise das atividades enzimáticas: 200 miligramas de tecido foliar e radicular, foram macerados em N_2 líquido acrescido de 20% de PVPP (Polivinilpolipirrolidona) e homogeneizados em 1,5 mL do seguinte tampão de extração: Fosfato de potássio 100 mM, pH 7,0, EDTA 0,1 mM e ácido ascórbico 10 mM. O homogeneizado foi centrifugado a 13.000 g por 10 min a 4°C e o sobrenadante coletado para posterior análises dos sistemas enzimáticos descritos a seguir:

a) *Superóxido dismutase (SOD):* avaliada pela capacidade da enzima em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT) (Giannopolitis e Ries, 1977) em um meio de reação composto por fosfato de potássio 100 mM, pH 7,8, metionina 14 mM, EDTA 0,1 μM , NBT 75 μM e riboflavina 2 μM . Os tubos com o meio de reação e a amostra foram iluminados por 7 minutos, com uma lâmpada fluorescente de 20W. Para o controle, o mesmo meio de reação sem a amostra também foi iluminado. O branco permaneceu no escuro. As leituras foram realizadas a 560 nm e o cálculo da enzima feito pela equação:

$\% \text{ de inibição} = (A_{560} \text{ amostra com extrato enzimático} - A_{560} \text{ controle sem enzima}) / (A_{560} \text{ controle sem enzima})$.

Uma unidade da SOD corresponde à quantidade de enzima capaz de inibir em 50% a fotoredução do NBT nas condições de ensaio.

b) Ascorbato peroxidase (APX): determinada segundo Nakano e Asada (1981), monitorando-se a taxa de oxidação do ascorbato a 290 nm. O meio de reação composto de tampão fosfato de potássio 100 mM, pH 7,0, ácido ascórbico 0,5 mM e H_2O_2 0,1 mM foi incubado a 28 °C. O decréscimo na absorbância foi monitorado por um período de dois minutos a partir do início da reação.

c) Catalase (CAT): determinada conforme descrito por Azevedo et al. (1998). Sua atividade foi monitorada pelo decréscimo na absorbância a 240 nm durante dois minutos em um meio de reação incubado a 28 °C contendo tampão fosfato de potássio 100 mM, pH 7,0 e H_2O_2 12,5 mM.

O estudo foi realizado em dois experimentos de forma simultânea, um para cada tipo de embalagem usada (sacos de papel e garrafas tipo pet). Cada experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 3 x 5 (três condições de armazenamento e cinco períodos de armazenamento), com quatro repetições. Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley e, posteriormente, foram submetidos a análise de variância e quando observadas diferenças estatísticas entre os fatores, foram realizadas comparações de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para o fator condição de armazenamento, e regressões polinomiais ($p < 0,05$) para o fator períodos de armazenamento. Nos casos em que se observaram interações entre os fatores, realizaram-se os desdobramentos correspondentes. A análise estatística foi realizada usando o software R (R Core Team, 2014).

5.3 Resultados e Discussão

Conforme os resultados obtidos na análise de variância (Tabela 17), observou-se que germinação, envelhecimento acelerado e emergência a campo, mostraram resposta à interação entre os fatores estudados (condição de armazenamento e períodos de armazenamento), em ambos os experimentos (embalagem em garrafa tipo pet e embalagem em sacos de papel). A variável peroxidação lipídica para a embalagem impermeável e, SOD e CAT em embalagem permeável, também apresentaram interação entre os fatores estudados.

Tabela 17 - Resumo da análise de variância da germinação (G), teste de envelhecimento acelerado (EA) e teste de emergência em campo (EC), atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em garrafas tipo pet e sacos de papel e submetidas a armazenamento sob diferentes condições ambientais em cinco períodos de avaliação.

		Pr>Fc				
Fonte de Variação	GL	Garrafas tipo PET				
		G	EA		EC	
Condição de Armazenamento	2	0,000	0,000		0,000	
Período de Armazenamento	4	0,000	0,000		0,000	
Condição*Período	8	0,000	0,000		0,001	
CV(%)		0,91	2,86		3,73	
		Sacos de Papel				
Fonte de Variação	GL	G	EA		EC	
Condição de Armazenamento	2	0,000	0,000		0,000	
Período de Armazenamento	4	0,000	0,000		0,000	
Condição*Período	8	0,001	0,000		0,000	
CV (%)		1,38	3,26		3,67	
		Garrafastipo PET				
Fonte de Variação	GL	SOD	CAT	APX	H ₂ O ₂	MDA
Condição de Armazenamento	2	0,462	0,039	0,647	0,175	0,001
Período de Armazenamento	4	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Condição*Período	8	0,508	0,352	0,270	0,162	0,007
CV (%)		17,31	21,87	62,26	16,74	28,15
		Sacos de Papel				
Fonte de Variação	GL	SOD	CAT	APX	H ₂ O ₂	MDA
Condição de Armazenamento	2	0,005	0,283	0,130	0,048	0,060
Período de Armazenamento	4	0,000	0,000	1,180	0,000	0,000
Condição*Período	8	0,000	0,000	0,130	0,061	0,468
CV (%)		24,59	23,97	90,17	12,02	23,98

Embalagem impermeável (garrafas tipo pet)

Na Figura 12, estão apresentados os resultados do teor de água das sementes de quinoa embaladas em garrafa tipo pet, ao longo do período de armazenamento. Como pode-se observar, sementes armazenadas em refrigerador apresentaram maior redução no seu teor de água, comparativamente às sementes armazenadas em ambiente não controlado e na câmara fria. Devido ao fato de a semente ser higroscópica, ou seja, ter a capacidade de ajustar a sua umidade de acordo com a umidade relativa do ar do ambiente, justifica-se o comportamento da umidade das sementes nas três diferentes condições de armazenamento. No refrigerador e na câmara fria, a umidade relativa manteve-se em torno de 20 a 60%, fazendo com que as sementes tenham entrado em equilíbrio higroscópico com teores de água mais baixos. Outro fator que influencia no equilíbrio higroscópico é a temperatura, por esse motivo, as sementes armazenadas em temperaturas mais baixas atingiram seu equilíbrio higroscópico com teores de água mais baixos. Em contrapartida, as sementes armazenadas em ambiente não controlado apresentaram pequeno aumento da umidade ao longo do período de armazenamento pois, provavelmente, nesse ambiente, a umidade relativa do ar foi mais elevada, aumentando assim a umidade das sementes. Além disso, esse fato evidencia que as garrafas tipo pet, empregadas para o armazenamento das sementes de quinoa, não foram totalmente impermeáveis. Resultados semelhantes relacionados à permeabilidade das garrafas tipo pet foram encontrados por Zonta et al. (2014), trabalhando com armazenamento de sementes de pinhão-manso.

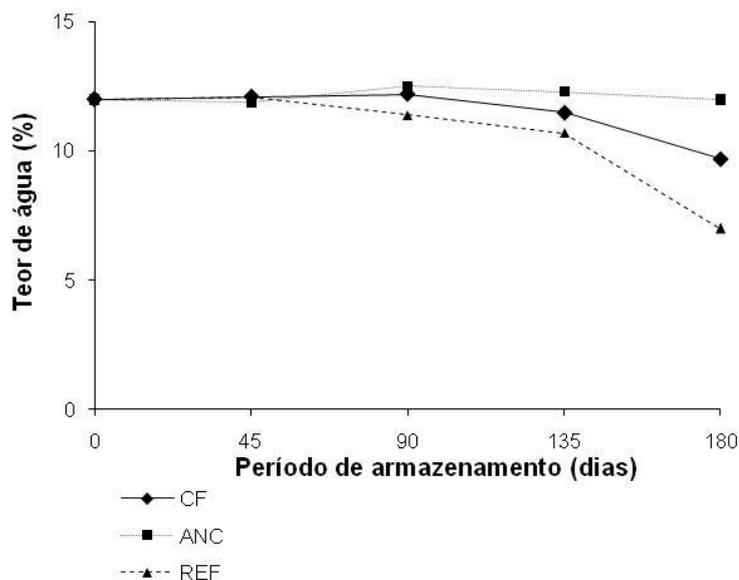


Figura 12 - Teor de água das sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (**CF**), ambiente não controlado (**ANC**) e refrigerador (**REF**) durante 180 dias.

Na Tabela 18 e na Figura 13, são apresentados os resultados dos testes de germinação, envelhecimento acelerado e emergência a campo, provenientes das sementes de quinoa embaladas em garrafas tipo pet.

Referente à germinação das sementes (Tabela 18), após 45 dias de armazenamento, as sementes mantidas no refrigerador apresentaram germinação estatisticamente superior em relação às sementes armazenadas nos outros dois ambientes, sendo que o ambiente não controlado resultou na menor porcentagem de germinação. Aos 90 dias de armazenamento, as sementes armazenadas no refrigerador e no ambiente não controlado apresentaram germinação estatisticamente similar e superior ao observado nas sementes mantidas na câmara fria. Após 135 dias de armazenamento, o ambiente não controlado resultou na maior porcentagem de germinação das sementes, relativamente aos demais ambientes de armazenamento. Finalmente, após 180 dias de armazenamento, as sementes mantidas na câmara fria e no refrigerador apresentaram germinação similar e significativamente superior ao observado nas sementes armazenadas em ambiente não controlado.

Por outra parte, ao observar o comportamento da germinação das sementes em cada um dos ambientes de armazenamento através do tempo (Figura 13A), evidenciou-se que o comportamento das sementes mantidas no refrigerador ajustou-se a um modelo quadrático negativo, atingindo porcentagem máxima de germinação

de 95% aos 35 dias de armazenamento. Já nos outros dois ambientes testados, a germinação das sementes não se ajustou a nenhum modelo matemático testado.

De modo geral, podemos afirmar que as sementes de quinoa, quando embaladas em garrafas tipo pet, não apresentaram decréscimo acentuado na germinação num período de 180 dias. Também, quando as sementes foram armazenadas em refrigerador, o decréscimo na germinação foi uniforme e menos acentuado quando comparado com as sementes mantidas na câmara fria e em ambiente não controlado. Para Carvalho e Nakagawa (2000), as melhores condições para a manutenção da qualidade da semente são aquelas de baixa umidade relativa do ar e temperatura, pelo fato de manterem o embrião em sua mais baixa atividade metabólica.

Tabela 18 - Resultados dos testes de germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas a campo (EC), provenientes de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) por 180 dias.

Período de armazenamento (dias)	G (%)			EA (%)			EC (%)		
	Condição de armazenamento								
	CF	ANC	REF	CF	ANC	REF	CF	ANC	REF
0	95 a*	95 a	95 a	85 a	85 a	85 a	95 a	95 a	95 a
45	90 b	87 c	94 a	86 a	82 b	85 ab	86 ab	80 b	89 a
90	92 b	93 a	94 a	86 b	87 b	96 a	96 a	91 a	93 a
135	94 b	96 a	94 b	90 a	70 b	87 a	91 a	89 a	91 a
180	91 a	87 b	91 a	82 a	86 a	75 b	87 a	73 b	90 a
CV(%)	0.91			2.85			3.73		

*Médias seguidas da mesma letra na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

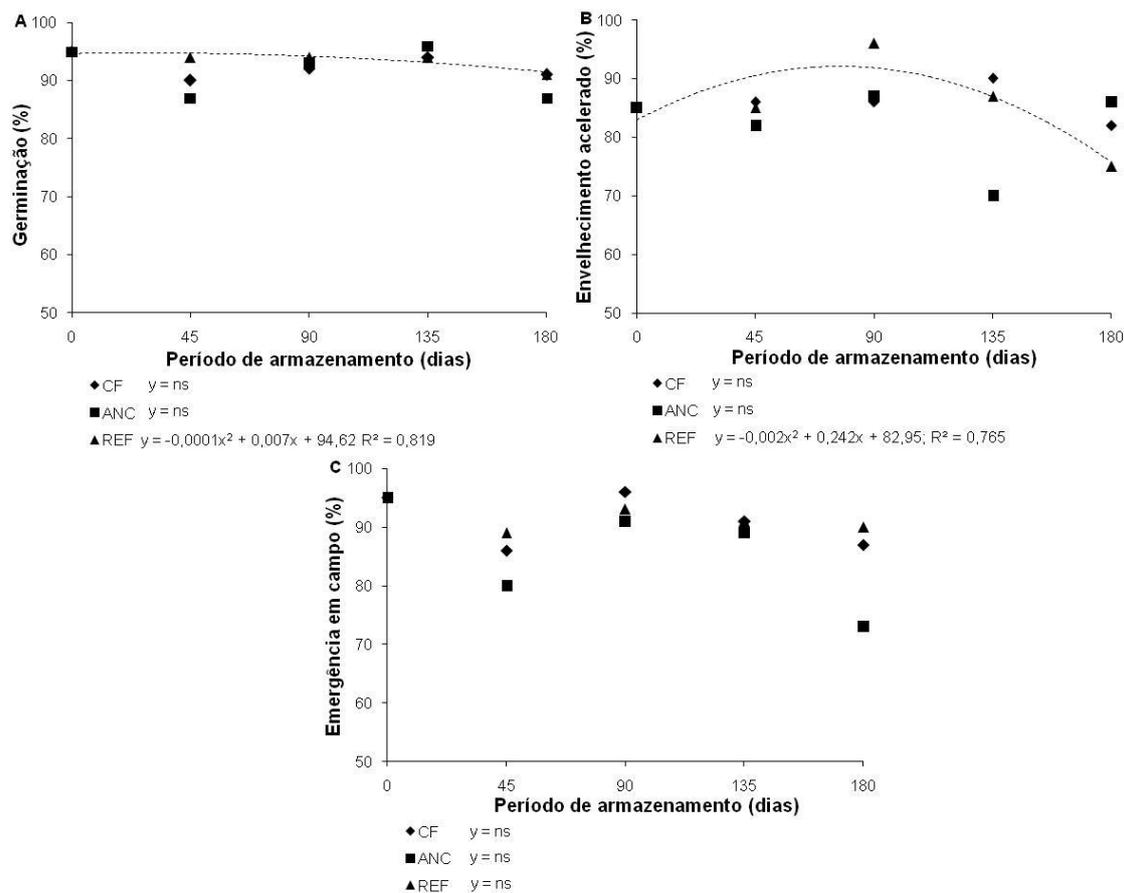


Figura 13 - Desempenho de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) por 180 dias, nos testes de germinação (A), envelhecimento acelerado (B) e emergência de plântulas em campo (C).

O resultado do teste de envelhecimento acelerado das sementes de quinoa é apresentado na Tabela 18 e na Figura 13B. Observou-se que no período de 45 dias, o armazenamento na câmara fria resultou em desempenho superior das sementes. Após 90 dias de armazenamento, as sementes mantidas no refrigerador apresentaram desempenho estatisticamente superior ao ambiente não controlado. Aos 135 dias, o armazenamento das sementes em ambiente não controlado resultou no pior desempenho das sementes, relativamente aos demais ambientes. Já no período de 180 dias, o armazenamento das sementes em refrigerador apresentou resultados significativamente inferiores sem relação aos outros dois ambientes avaliados (Tabela 18).

Ao analisar o desempenho das sementes ao longo do período de armazenamento pelo teste de envelhecimento acelerado, levando em consideração os diferentes ambientes avaliados, observou-se o mesmo comportamento da

porcentagem de germinação, em que a resposta observada nos ambientes não controlado e na câmara fria, não se ajustaram a nenhum modelo matemático testado, enquanto que no refrigerador, o desempenho das sementes no teste de envelhecimento acelerado ajustou-se a um modelo quadrático negativo, atingindo porcentagem máxima de sementes germinadas de 91% aos 60 dias de armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2016) que, ao trabalharem com sementes de quinoa, verificaram que as sementes, quando armazenadas sob baixas temperaturas e em garrafas tipo pet, apresentaram pequeno decréscimo do vigor durante o período de armazenamento estudado. Esses resultados também foram similares aos obtidos por Santos e Paula (2007), que verificaram que as sementes de branquinho (*Sebastiania commersoniana*), acondicionadas em embalagem impermeável e semipermeável, em câmara fria, mantiveram sua qualidade fisiológica por 18 meses.

Na Tabela 18 e na Figura 13C são apresentados os resultados da emergência de plântulas provenientes de sementes de quinoa armazenadas em diferentes embalagens e condições. Observou-se que após 45 dias de armazenamento, as sementes mantidas no refrigerador resultaram na maior emergência de plântulas. Após 90 e 135 dias de armazenamento, não foram observadas diferenças na emergência de plântulas obtidas das sementes armazenadas nos três ambientes. Após 180 dias de armazenamento, as sementes mantidas na câmara fria e no refrigerador resultaram na maior emergência de plântulas a campo (Tabela 18). Desta forma, pode-se afirmar que o armazenamento das sementes de quinoa por 180 dias nos ambientes em que predominaram baixas temperaturas (câmara fria e refrigerador) resultaram em emergência de plântulas superior, comparativamente ao armazenamento das sementes em ambiente não controlado. Ambientes de armazenamento com baixas temperaturas reduzem a velocidade das reações químicas, conseqüentemente, a respiração, beneficiando a conservação das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Por fim, observando o comportamento da emergência de plântulas provenientes das sementes armazenadas em cada um dos ambientes ao longo do tempo (Figura 13C), verificou-se que nenhum modelo matemático testado se ajustou aos valores obtidos para essa variável.

Os danos celulares gerados pelas EROs, avaliados nesse estudo por meio da peroxidação lipídica, demonstrou interação entre os ambientes e tempos avaliados. Os níveis de peroxidação lipídica, avaliadas em plântulas de quinoa provenientes de

sementes armazenadas em CF, ANC e REF (Tabela 19), não apresentaram diferença estatística para CF e ANC nos períodos avaliados. No entanto, houve um declínio da peroxidação lipídica, nos ambientes CF e ANC, e para REF ajustou modelo quadrático (Figura 14).

Tabela 19 - Atividade das enzimas SOD, CAT e APX e teores de H₂O₂ e MDA em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.

Variável	Tempo	Condição			Média
		CF	ANC	REF	
SOD	0	86,479	86,479	86,479	86,479
	45	186,074	174,415	178,992	179,827
	90	218,421	242,782	218,780	226,661
	135	247,116	249,084	264,313	253,504
	180	273,985	269,166	329,454	290,868
	Média	202,415 ^{ns1}	204,385 ^{ns}	215,604 ^{ns}	CV(%)= 17,31
CAT	0	0,541	0,541	0,541	0,541
	45	1,159	1,173	1,271	1,201
	90	0,665	1,131	0,837	0,878
	135	1,689	1,761	1,648	1,699
	180	1,890	2,528	2,196	2,204
	Média	1,189 b ²	1,427a	1,298 ab	CV(%)= 21,87
APX	0	8,232	8,232	8,232	8,232
	45	4,781	2,792	4,006	3,860
	90	5,658	5,591	4,003	5,084
	135	4,597	4,679	4,040	4,439
	180	5,051	10,009	13,807	9,623
	Média	5,664 ^{ns}	6,261 ^{ns}	6,818 ^{ns}	CV(%)= 62,26
H ₂ O ₂	0	0,814	0,814	0,814	0,814
	45	0,591	0,399	0,417	0,469
	90	0,525	0,558	0,444	0,509
	135	0,519	0,588	0,496	0,534
	180	0,432	0,410	0,434	0,425
	Média	0,576 ^{ns}	0,554 ^{ns}	0,521 ^{ns}	CV(%)= 16,74
MDA	0	25,376 a	25,376 a	25,376 a	25,376
	45	19,386 a	11,846 ab	9,318 b	13,517
	90	15,989 a	12,957 a	14,839 a	14,595
	135	22,065 a	15,029 a	6,265 b	14,453
	180	11,712 a	7,670 a	12,641 a	10,681
	Média	18,906 ^{ns}	14,579 ^{ns}	13,688 ^{ns}	CV(%)= 28,15

^{1 ns} não significativo; ² Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

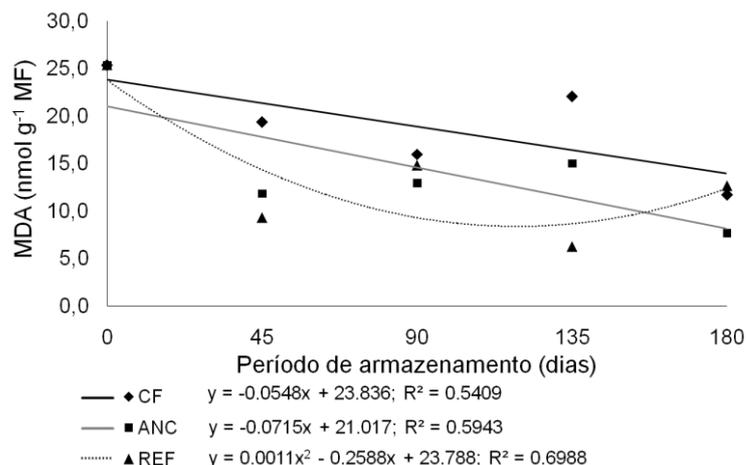


Figura 14 - Peroxidação lipídica, expressa em teores de MDA em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.

A atividade das enzimas SOD (Figura 15A) e CAT (Figura 15B), aumentaram ao longo do período de armazenamento, o mesmo observa-se para enzima APX (Figura 15C) no final do período. A concentração do H₂O₂ (Figura 15D) diminuiu ao longo do tempo.

A enzima SOD é a primeira na linha de defesa das plantas contra os efeitos tóxicos das EROs, sendo responsável por catalisar a dismutação do superóxido (O₂⁻) a H₂O₂ (GILL; TUTEJA, 2010). Por sua vez, a enzima CAT, localizada nos peroxissomos e glioxissomos, é responsável por dismutar diretamente o H₂O₂ à H₂O e O₂, sendo indispensável para a detoxificação de EROs em plantas sob condições de estresse (GARG; MANCHANDA, 2009). Por fim, a enzima APX também é responsável pela eliminação do H₂O₂, utilizando como doador de elétron o ácido ascórbico (NOCTOR; FOYER, 1998). Desta forma, pode-se observar que as maiores atividade das enzimas coincidem com os menores valores de H₂O₂, pois o mesmo, por servir de substrato, possivelmente está sendo convertido em H₂O e O₂. A manutenção dos valores de peroxidação lipídica, expressa em MDA, podem estar associados a redução dos níveis de H₂O₂, demonstrando a eficiência do sistema enzimático de defesa contra as EROs.

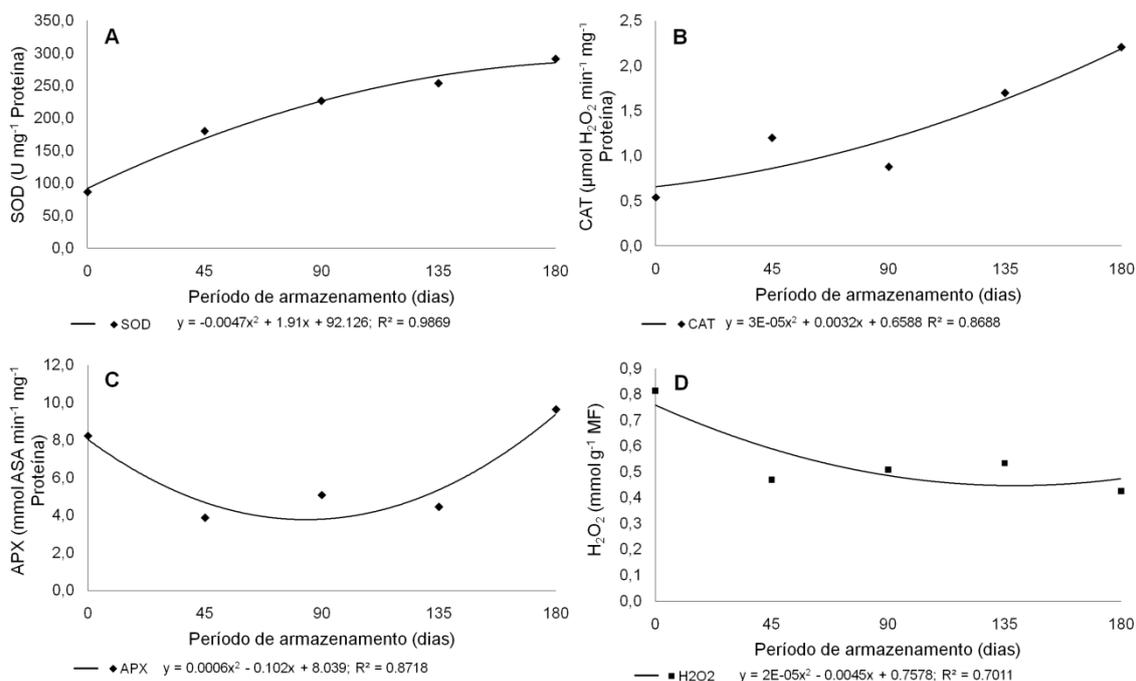


Figura 15 - Valores médios da atividade das enzimas SOD (A), CAT (B) e APX (C) e teores médios de H₂O₂(D) em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em garrafas tipo pet e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.

Embalagem permeável (sacos de papel)

Na Figura 16, estão apresentados os resultados do teor de água das sementes de quinoa embaladas em sacos de papel. Pode-se observar que para todas as condições de armazenamento estudadas, a umidade das sementes variou ao longo do tempo, não seguindo um comportamento uniforme. Essa variação da umidade pode estar relacionada com a embalagem utilizada, pois embalagens de papel são consideradas permeáveis, possibilitando trocas de umidade entre as sementes e o ambiente. O tempo necessário para que a umidade das sementes entre em equilíbrio com a umidade relativa do ambiente depende da espécie e, principalmente, da temperatura. Quanto maior a temperatura, mais rápido será atingido o equilíbrio higroscópico (TOLEDO e MARCOS FILHO, 1977).

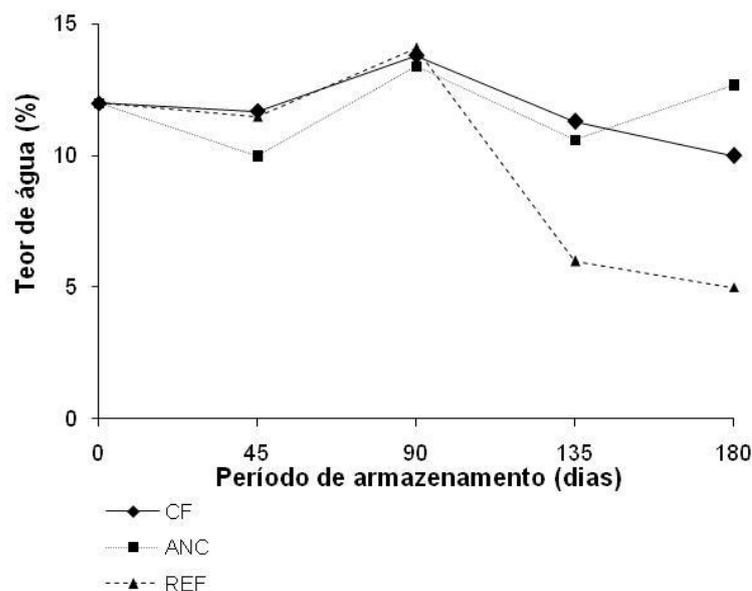


Figura 16 - Teor de água das sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias.

Na Tabela 20 e na Figura 17, estão apresentados os resultados da qualidade fisiológica das sementes de quinoa embaladas em sacos de papel. Referente à porcentagem de germinação, observou-se que após 45 e 90 dias, o armazenamento das sementes na câmara fria resultou em desempenho inferior ao observado nos demais ambientes. Aos 135 dias, apenas foram observadas diferenças entre o desempenho das sementes armazenadas em ambiente não controlado e no refrigerador. Após 180 dias, o armazenamento das sementes na câmara fria resultou em menor porcentagem de germinação, em relação ao ambiente REF (Tabela 20).

Por outro lado, o comportamento da germinação das sementes, considerando o ambiente e o período de armazenamento, não se ajustou a nenhum modelo matemático testado (Figura 17A), provavelmente em função da variação de umidade existente ao longo do tempo, não sendo mantido um padrão ajustável no processo de deterioração das sementes.

Referente ao teste de envelhecimento acelerado, observou-se que após 45 dias, o armazenamento em câmara fria resultou em desempenho superior das sementes, em relação ao ambiente não controlado. Após 90 dias, o armazenamento em câmara fria apresentou resultado inferior, comparativamente aos demais ambientes. Após 135 dias, o armazenamento das sementes em refrigerador resultou em desempenho significativamente superior das sementes em relação ao

armazenamento nos demais ambientes. Já após 180 dias, o armazenamento das sementes em ambiente não controlado foi estatisticamente superior aos demais tratamentos (Tabela 20).

Analisando o comportamento das sementes de quinoa armazenadas submetidas ao teste de envelhecimento acelerado ao longo do tempo e considerando o ambiente de armazenamento, observou-se que, para as sementes mantidas no refrigerador, os resultados do teste de envelhecimento acelerado ajustaram-se a um modelo quadrático negativo, atingindo porcentagem máxima de sementes germinadas de 91% após 78 dias de armazenamento. Para os outros dois ambientes, não foi possível se ajustar nenhum modelo matemático testado (Figura 17B).

Finalmente, a porcentagem de plântulas emergidas em campo foi estatisticamente superior para as sementes armazenadas em câmara fria, após 45 dias. Nos períodos de 90 e 135 dias, não houve diferença na emergência de plântulas provenientes das sementes armazenadas nos três diferentes ambientes. Já no período de 180 dias, as sementes armazenadas no ambiente não controlado resultaram na menor emergência de plântulas (Tabela 20).

Por outra parte, ao analisar o comportamento da emergência de plântulas a campo ao longo do período de armazenamento e levando em consideração os três ambientes testados, observou-se que essa variável teve comportamento similar à porcentagem de germinação, em que nenhum modelo matemático testado se ajustou aos dados observados nesse experimento (Figura 17C).

Tabela 20 - Resultados dos testes de germinação (G), envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas em campo (EC) de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF), por 180 dias.

Período de armazenamento (dias)	G (%)			EA (%)			EC (%)		
	Condição de armazenamento								
	CF	ANC	REF	CF	ANC	REF	CF	ANC	REF
0	95 a	95 a	95 a	85 a	85 a	85 a	95 a	95 a	95 a
45	87 b	91 a	90 a	88 a	80 b	84 ab	89 a	82 b	80 b
90	92 b	97 a	96 a	82 b	92 a	94 a	97 a	96 a	96 a
135	95 ab	96 a	93 b	65 b	61 b	88 a	95 a	94 a	92 a
180	88 b	90 ab	90 a	75 b	90 a	75 b	83 a	75 b	87 a
CV(%)	1.38			3.26			3.67		

†Médias seguidas da mesma letra na linha, para cada variável analisada, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

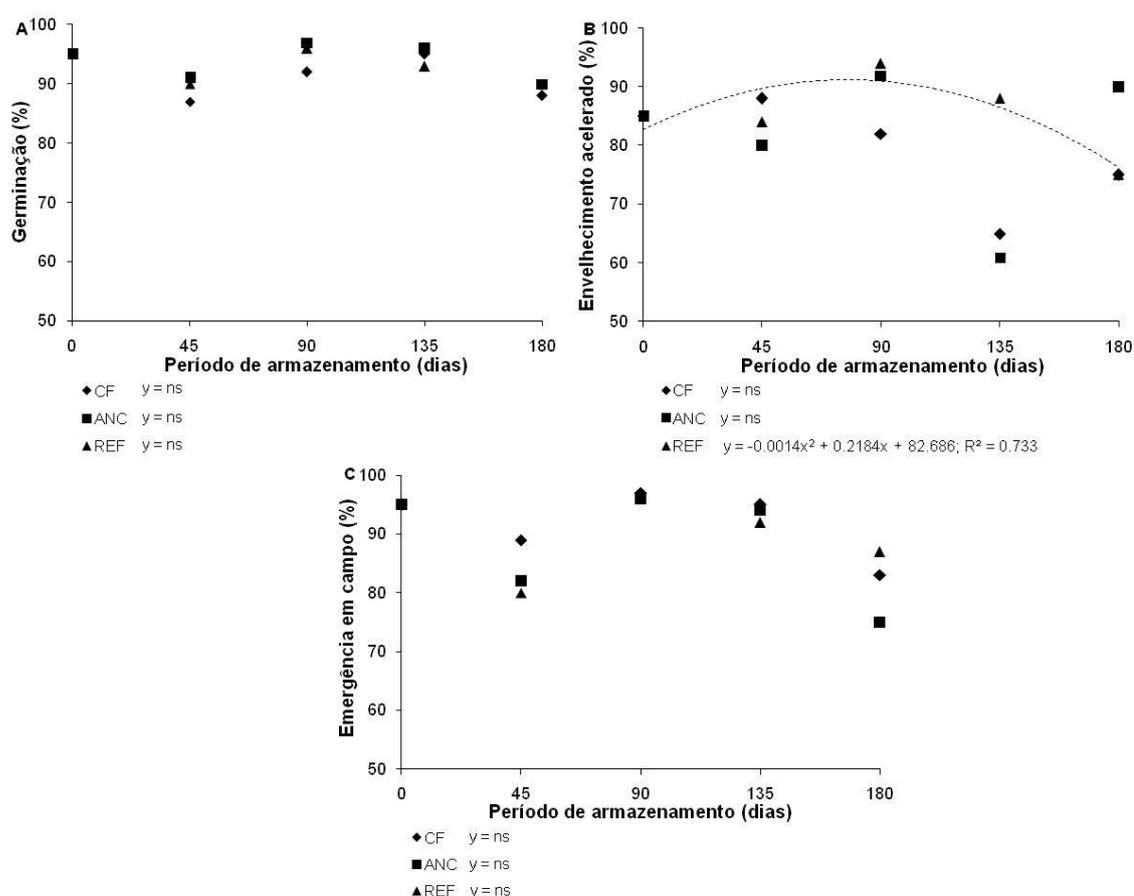


Figura 17 - Desempenho de sementes de quinoa, cv. BRS Piabiru, embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF), por 180 dias, nos testes de germinação (A), envelhecimento acelerado (B) e emergência de plântulas em campo (C). Pelotas – RS, 2017.

Ao analisar conjuntamente os resultados dos testes de germinação, envelhecimento acelerado e emergência de plântulas a campo das sementes de quinoa embaladas em papel nos diferentes ambientes, pode-se observar que houve desuniformidade na germinação e vigor ao longo do tempo. Esse fato pode ter ocorrido devido à permeabilidade da embalagem, que resultou em variações acentuadas no teor de água das sementes, conforme pode ser observado na figura 6. Sementes embaladas em papel e armazenadas em ambientes com variações constantes de umidade estão expostas a flutuações no seu teor de água (SOUZA et al., 2016).

Mesmo com a desuniformidade dos resultados obtidos, pode-se observar que, de modo geral, as sementes mantiveram sua qualidade fisiológica ao longo do período de armazenamento estudado. Para as sementes mantidas no refrigerador, os resultados foram mais satisfatórios, de acordo com os testes de germinação e emergência de plântulas.

A atividade da enzima SOD e CAT, Tabela 21 e Figura 18, assim como observado para armazenamento em garrafa, apresentaram aumento da atividade, em valores absolutos, ao longo do tempo. Já para os teores de H_2O_2 e MDA apresentaram comportamento similar entre os mesmos (Figura 19). A determinação do MDA é o método adequado da quantificação da extensão da peroxidação de lipídios, especialmente em sementes ricas em óleo (SUNG e JENG, 1994; CHANG e SUNG, 1998). O aumento do nível de MDA e de peróxidos em sementes, artificialmente envelhecidas, reflete indiretamente o aumento na peroxidação de lipídios (CHANG e SUNG, 1998; MCDONALD, 1999).

Tabela 21 - Atividade das enzimas SOD, CAT e APX e teores de H₂O₂ e MDA em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.

Variável	Tempo	Condição			
		CF	ANC	REF	Média
SOD	0	86,479 a ¹	86,479 a	86,479 a	86,479
	45	293,270 a	108,307 b	174,063 b	191,880
	90	213,923 a	186,806 a	243,212 a	214,647
	135	237,241 a	307,301 a	232,718 a	259,087
	180	353,925 a	299,322 a	181,982 b	278,410
	Média	236,968	197,643	183,691	CV(%)= 24,67
CAT	0	0,541 a	0,541 a	0,541 a	0,541
	45	1,195 a	0,581 b	1,112 a	0,963
	90	0,861 a	0,869 a	0,775 a	0,835
	135	1,392 b	2,321 a	1,322 b	1,678
	180	1,785 a	1,775 a	1,636 a	1,732
	Média	1,15494	1,21718	1,07699	CV(%)= 23,97
APX	0	8,232	8,232	8,232	8,232 ns
	45	4,894	1,550	4,150	3,531 ns
	90	5,462	3,007	18,746	9,072 ns
	135	5,444	6,417	4,819	5,560 ns
	180	7,646	4,685	7,207	6,513 ns
	Média	6,336 ^{ns2}	4,778 ^{ns}	8,631 ^{ns}	CV(%)= 90,17
H ₂ O ₂	0	0,814	0,814	0,814	0,814 ns
	45	0,498	0,453	0,476	0,475 ns
	90	0,330	0,468	0,324	0,374 ns
	135	0,566	0,628	0,475	0,556 ns
	180	0,592	0,587	0,590	0,589 ns
	Média	0,560 ab	0,590 a	0,536 b	CV(%)= 12,02
MDA	0	25,376	25,376	25,376	25,376
	45	15,442	17,403	13,659	15,501
	90	12,385	11,909	10,505	11,600
	135	10,495	18,989	14,508	14,664
	180	12,548	16,198	13,482	14,076
	Média	15,249 ^{ns}	17,975 ^{ns}	15,506 ^{ns}	CV(%)= 23,98

¹Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ^{2ns}não significativo.

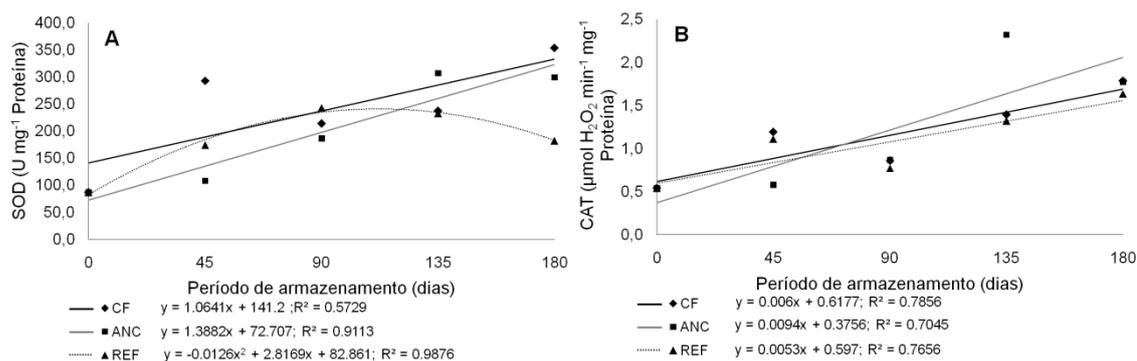


Figura 18 - Atividade das enzimas SOD (A) e CAT (B) em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.

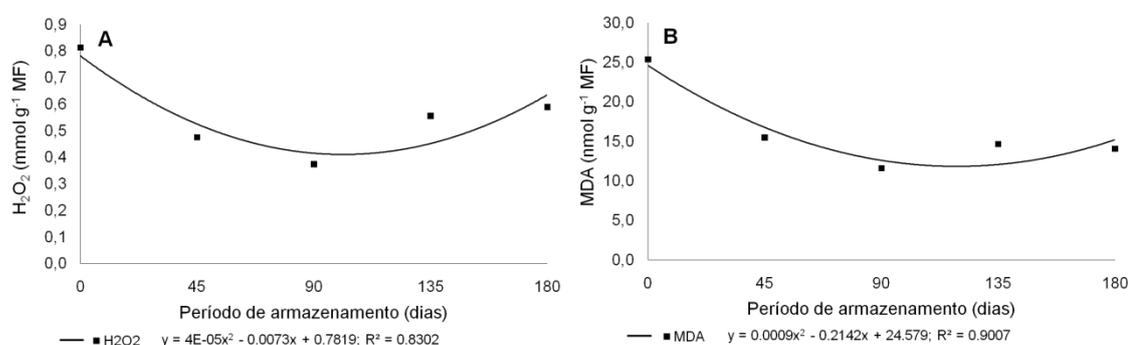


Figura 19 - Teores médios de H₂O₂ (A) e MDA (B) em plântulas de quinoa, cv. BRS Piabiru, provenientes de sementes embaladas em sacos de papel e submetidas a armazenamento em câmara fria (CF), ambiente não controlado (ANC) e refrigerador (REF) durante 180 dias. Pelotas – RS, 2017.

No presente estudo, o nível de MDA e o conteúdo de peróxido de hidrogênio, não causaram dano celular. Esse resultado, em conjunto com a manutenção da germinação de sementes de quinoa, permite inferir que a atividade enzimática foi eficiente, evitando danos pela formação dos EROs a níveis comprometedores. Aragão (2007) trabalhando com sementes de feijão caupi, constatou que o aumento da peroxidação de lipídios é um excelente indicativo da perda de vigor e da viabilidade.

Desta forma, pode-se afirmar que sementes de quinoa, quando armazenadas em embalagens tipo garrafas pet apresentam maior estabilidade no teor de água, comparativamente às sementes armazenadas em embalagens de papel. As embalagens para o acondicionamento das sementes assumem papel importante na manutenção do vigor e viabilidade durante o armazenamento (MEDEIROS e ZANON,

2000). Para Carvalho e Nakagawa (2000), a escolha da embalagem deve levar em conta as condições climáticas sob as quais as sementes serão armazenadas. Oliveira et al. (2012) estudaram o armazenamento de sementes de araçá (*Psidium cattleianum*) acondicionadas em embalagens permeável, semipermeável e impermeável, em diferentes ambientes, e concluíram que o armazenamento das sementes em embalagem impermeável no ambiente natural de laboratório ou câmara seca, bem como o acondicionamento em embalagem semipermeável em câmara fria, foram adequados para a conservação das sementes no período avaliado. Ao final do período de avaliação as sementes de quinoa apresentaram os altos níveis de germinação, principalmente nas sementes armazenadas no refrigerador, independente da embalagem. Em temperatura mais baixa, o metabolismo é reduzido e a semente pode germinar em período mais longo (AMARAL e PAULILO, 1992). Ainda, nos testes de envelhecimento acelerado e emergência a campo, aos 180 dias, as sementes apresentaram bons resultados. A manutenção da qualidade das sementes de quinoa, em parte, pode estar associada aos baixos níveis de peroxidação lipídica, em consequência do sistema enzimático de defesa das plantas.

5.4 Conclusões

Sementes de quinoa embaladas em garrafa tipo pet, possuem maior controle da umidade em câmara fria, ambiente não controlado e refrigerador.

As sementes de quinoa mantém seu potencial de armazenamento elevado até 180 dias, principalmente quando submetidas a baixas temperaturas.

6. Considerações Finais

O aperfeiçoamento de metodologias destinadas à avaliação da qualidade fisiológica de quinoa é imprescindível para garantir um bom estande de plantas no campo, bem como para a possibilidade de comercialização das sementes. Para avaliação da germinação de sementes de quinoa, recomenda-se a temperatura de 20 ou 15-25 °C, com primeira contagem aos 4 dias e contagem final aos 6 dias.

Para os testes de vigor, verificou-se que o teste de envelhecimento acelerado é eficiente para avaliação do potencial fisiológico de sementes de quinoa e a utilização de solução salina auxilia na obtenção de melhores resultados para essa espécie. As melhores adequações da metodologia referente ao teste, foi a temperatura de 41 °C com uso de solução salina nos períodos de 72.

Já, os testes de frio conduzido a 2 °C por 5 dias é eficiente para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de quinoa. O teste de condutividade elétrica não apresentou confiabilidade nos resultados, necessitando de maiores estudos.

Em relação ao armazenamento das sementes de quinoa, observou-se que estas mantêm seu potencial de armazenamento elevado até 180 dias, principalmente quando submetidas a baixas temperaturas. Também, as sementes quando embaladas em garrafas tipo pet possuem maior controle da umidade em câmara fria, ambiente não controlado e refrigerador.

7. Referências

ABDUL-BAKI, A.A. Biochemical aspects of seed vigor. **Horticultural Science**, v.5, n.6, p.765-771, 1980.

ALMEIDA, A.S.; DEUNER, C.; BORGES, C.T.; NADAL, M.C.; TROYJACK, C.; VILELLA, F.A. Comparação de testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de alface. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**. v.10, n.3, p.54-60, 2016.

ALVES, C.Z.; SILVA, J.B. de; CÂNDIDO, A.C. da S. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de goiaba. **Revista Ciência Agronômica**. V.46, n.3, p.615-621, 2015.

ALVES, L. F.; ROCHA, M. S.; GOMES, C. C. F. Avaliação da qualidade proteica da Quinoa Real (*Chenopodium quinoa* Willd) através de métodos biológicos. **E-scientia**, v.1, n.1, 2008.

AMARAL, L. I. V.; PAULILO, M. T. F. Efeito da luz, temperatura, regulador de crescimento e nitrato de potássio na germinação de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudim. **Insula**, v.21, p.59-86, 1992.

ANDRADE A.C.S. de; PEREIRA, T.S. EFEITO DO SUBSTRATO E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO E NO VIGOR DE SEMENTES DE CEDRO – *Cedrela odorata* L. (MELIACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, v.16, n.1, p.34-40, 1994.

ANDRADE, A.M.G.; LACERDA, R.R.A.; JUNIOR, J.R.S.; SILVA, H.S.; SOUSA, J.R.M.; FURTADO, G.F.; SILVA, S.S. Diagnóstico do armazenamento de sementes em pequenas propriedades do município de Umari – CE. **ACSA**. v. 8, n. 4, p. 29-36, 2012.

ANDRADE, A. C. S. de; SOUZA, A.F. de, RAMOS, F.N.; PEREIRA, T.S.; CRUZ, A.P.M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, n.3, p.609-615, 2000.

ARAGÃO, T. C.F.R. **Danos oxidativos e o envelhecimento de sementes de feijão caupi**. 2007, 141p. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

ARAUJO, R.F.; ZONTA, J.B.; ARAUJO, E.F.; HEBERLE, E. ZONTA, F.M.G. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.1, p.123-130, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Rules for Testing Seeds**. East Lansing: AOSA, 2016.

ATAÍDE, G.M.; BORGES, E.E.L.; FILHO, A.T.L. Alterações fisiológicas e biométricas em sementes de *Melanoxylonbrauna* schott durante a germinação em diferentes temperaturas. **Revista Árvore**, v.40, n.1, p.61-70, 2016.

ÁVILA, P. F. V. de; VILLELA, F.V.; ÁVILA, M.S.V. de. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de rabanete. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.52-58, 2006.

AZEVEDO, R.A.; ALAS, R.M.; SMITH, R.J.; LEA, P.J. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, Malden, v.104, p.280-292, 1998.

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, v.14, n.2, p.93-107, 2004.

BATISTA, N.A.S.; LUZ, P.B. DA; SOBRINHO, S. DE P.; NEVES, L.G.; WILLIAN KRAUSE, W. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi pelo teste de condutividade elétrica. **Revista Ceres**, v.59, n.4, p.550-554, 2012.

BAZILE, D., BAUDRON, F. Dinámica de expansión mundial del cultivo de La quinuare respecto a su alta biodiversidade. In: BAZILE, D. et al. (Eds) Estado de la arte de La quinoa em el mundo en 2013. FAO: Santiago, Chile e CIRAD: Montpellier, Francia, p.49-64, 2014.

BENZIONI, A.; Mendlinger, S.; Ventura, M. Effect of sowing dates, temperatures on germination, flowering and yield of *Cucumis metuliferus*. **HortScience**, v.26, n.8, p.1051-1053, 1991.

BERNARDES, P.M.; LOPES, J.C.; ZANOTTI, R.F.; MOTTA, L.B.; MENGARDA, L.H.G.; SPADETO, C. Testes de deterioração controlada e de envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de repolho. **Nucleus**, v.12, n.1, p.51-58, 2015.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. New York: Springer-Verlag, 1982. 375p.

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

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa*: an Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, v.23, n.1, p.73-87, 2006.

BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F. ; BARROS, D.I.; DIAS, L.A.S. ; TOKUHISA, D. avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lunatus* schrad.) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.2, p.1-6, 2003.

BORGES, C.T.; COSTA, C.J.; SOARES, V.N.; MENEGHELLO, G.E.; GADOTTI, G.I.; VILLELA, F.A.; DEUNER, C.; TROYJACK, C. Germinação de sementes de quinoa submetidas a diferentes temperaturas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 18p.

BRANDÃO JÚNIOR, D.S.; RIBEIRO, D.C.A.; BERNARDINO FILHO, J.R.; VIEIRA, M.G.G.C. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, v.7, n.1/2, p.184, 1997.

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

BURRIS, J.S.; NAVRATIL, R.J. Relationship between laboratory cold test methods and field emergency in maize inbreds. **Agronomy Journal**, v.71, n.6, p.985-988, 1979.

CARVALHO, N.M., NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. Campinas: Fundação Cargil, 1983. 429p.

CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 3a ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Campinas: FUNEP, 2000. 588p.

CARVALHO, M.L.M., VILLELA, F.A. Armazenamento de sementes. **Informe Agropecuário**, v.27, n.232, p. 70-75, 2006.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CARVALHO, T.C. de; NOVEMBRE, A.D. da L.C.; MORAES, M.H.D.; GAGLIARDI, B. Envelhecimento acelerado e ocorrência de fungos em duas cultivares de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.165-172, 2011.

CASEIRO, R. F.; MARCOS FILHO, J. Procedimentos para condução do teste de frio em sementes de milho: pré resfriamento e distribuição do substrato no interior da câmara fria. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.2, p.6-11, 2002.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2005. p.149-162.

CHANG, S.M.; SUNG, J.M. Deteriorative changes in primed sweet Corn seeds during storage. **Seed Science and Technology**, v.26, n.3, p.613-625, 1998.

CHILO, G., MOLINA, M.V., CARABAJAL, R., OCHOA, M. Efecto de La temperatura y salinidad sobre La germinación y crecimiento de plantulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*. **Agriscientia**, v.26, n.1, p.15-22, 2009.

CÍCERO, S.M. Dormência de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1986, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p.41-74.

COIMBRA, R.A.; MARTINS, C.C.; TOMAZ, C. de A.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho doce (*sh2*). **Ciência Rural**, v.39, n.9, p.2402-2408, 2009.

COIMBRA, R.A.; TOMAZ, C.A.; MARTINS, C.C.; NAKAGAWA, J. Teste de germinação com acondicionamento dos rolos de papel em sacos plásticos. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.1, p.92-97, 2007.

COSTA, C.J., TRZECIAK, M.B.; VILLELA, F.A. Potencial fisiológico de sementes de brássicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p.144-148, 2008.

COSTA, N.P.; MARCOS FILHO, J. O emprego do teste de tetrazólio na avaliação da qualidade da semente de soja. **Informativo ABRATES**, v.4, n.2, p.53-62, 1994.

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.427-452, 1973.

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

DUTRA, A.S.; VIEIRA, R.D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.715-721, 2004.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.71, p.428-434, 1958.

ELIAS, S.G.; COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B.; BAALBAKI, R.Z. **Seed Testing: principles e practices**. Michigan State University Press, 2012. 364p.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of Experimental Botany**, v.41, n.230, p.1167-1174, 1990.

FANAN, S.; MEDINA, P.F.; LIMA, T.C.; MARCOS FILHO, J. M. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, p.152-158, 2006.

FAOSTAT. Production and área harvested. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> acesso em: 22 fev. 2017.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. International Year of Quinoa 2013. **What is quinoa?** Distribution and production. Acesso em: 10 out. 2016. Disponível em <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/distribution-and-production/pt/>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations -FAO. Regional Office for Latin America and the Caribbean. **Quinoa**: an ancient crop to contribute to world food security. PROINPA, 2011. 55p.

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

FERREIRA, R.L.; NOVENBRE, A.D.L.C. Estimativa do vigor das sementes e das plântulas de *Bixa orellana* L. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.1, p.101-107, 2016.

FRANÇA NETO, J.B.; PEREIRA, L.A.G.; COSTA, N.P.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1988. 60p.

FUENTES, F. F.; MARTINEZ, E. A.; HINRICHSEN, P. V. ; JELLEN, E. N. ; MAUGHAN, P. J. Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. **Conservation Genetics**, v.10, n.2, p.367-377, 2009.

GARG, N; MANCHANDA, G. ROS generation in plants: boon or bane? **Plant Biosystems**, v.143, n.1, p.81-96, 2009.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases: I., occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v.59, p.309-314, 1977.

GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology e Biochemistry**, v.48, n.12, p.909-930, 2010.

GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; CÍZ, M.; PAWELZIK, E.; DELGADOLICON, E.; MEDINA, O. J.; MORENO, M.; SALAS, I. A.; GOSHEV, I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, n.3, p.629-637, 2008.

GUAN, Y. HU, J.; WANG, X.; SHAO, C. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. **Journal of Zhejiang University**, v.10, n.6, p.427-433, 2009.

HALMER, P.; BEWLEY, D. A physiological perspective on seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, v. 12, p. 561-575, 1984.

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. Storage. In: **Tropical tree seed manual**. [s.l]: USDA Forest Service's, Reforestation, Nurseries & Genetics Resources, 2003. p.125-136.

ISTA (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION). **International Rules for Seed Testing**. 2012 Edition. Bassersdorf: ISTA, 2012. 18 cap.

JACOBSEN, S.E; BACH, A.P. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Seed Science and Technology**, v.26, p.515-523, 1998.

JACOBSEN, S. E. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Reviews International**, v.19, p.167-177, 2003.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, v.25, n.1, p.123-131, 1997.

JUSTO, C. F.;ALVARENGA A.A. de; NERY, F.C.; FILHO, N.D. Composição química, curva de embebição e efeito da temperatura sobre a germinação de sementes de *Eugenia pyryformis* Camb. (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p.510-512, 2007.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor em sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.1,p.44-50, 2012.

KIKUTI, A.L.P.; MENTEN, J.O.M.; MORAES, M.H.D.; OLIVEIRA, S.R.S. de. Interferência da assepsia em sementes de pimentão submetidas ao teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**. v.27, n.2, p.44-49 2005.

KOZIOL, M.J. **Quinoa: A Potential New Oil Crop** In: New Crops. JANICK, J., SIMON, J.E. New York: Wiley, p.328–336, 1993.

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

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Vigor de sementes. **Informativo ABRATES**, v.11, n.3, p.81-84, 2001.

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. Sistema de análise estatística para Windows. **WinStat**. Versão 2.0. UFPel, 2003.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 2015. 660p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-24.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.1, p.1-21.

MARCOS FILHO, J.; VIEIRA, R.D. Seed vigor tests: Procedures – conductivitytests. In: BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J.; MCDONALD, M.B. (Org.). **Seed vigor tests handbook**. Ithaca: AOSA, p.186-200. 2009.

MARTINS, C.C.; MACHADO, C.G.; CAVASINI, R. Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de pinhão-manso. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p.863-868, 2008.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Temperaturas cardinais para a germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.115-122, 2009.

MATOS, A.C.B.; BORGES, E.E.L.; SILVA, L.J. Fisiologia da germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (vell.) Allemão ex Benth. sob diferentes temperaturas e tempos de exposição. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.115-125, 2015.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon Press, 1989. 270p.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v.27, n.1, p.177-237, 1999.

MENDES, A.K.V.; CARVALHO, J.S.B. de. Germinação de sementes de manjerição em diferentes condições ambientais. **Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente**, v.1, n.1, p.21-27, 2015.

MEDEIROS, A. C. S.; ZANON, A. Armazenamento de sementes de sapuva (*Machaerium stipitatum*). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.40, p.57-66, 2000.

MENEZES, V. O.; LOPES, S. J.; TEDESCO, S. B.; HENNING, F. A.; ZEN, H. D.; MERTZ, L.M. Cytogenetic analysis of wheat seeds submitted to artificial aging stress. **Journal of Seed Science**, v.36, n.1, p.71-78, 2014.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v.7, n.9, p.405-410, 2003.

MUJICA, A., JACOBSEN, S.E., EZQUIERDO, J., MARATHEE, J.P. Resultados de La Prueba Americana y Europeas de La Quinua. FAO, UNA-Puno, CIP, 2001.51p.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v.22, n.5, p.867-880, 1981.

NASSIF, S.M.L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens*Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.1-6, 2000.

NERY, M.C.; CARVALHO, M.L.M. de; FRAGA, A.C. Adequação do teste de germinação para sementes de nabo forrageiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.177-187, 2009.

NETO, J.C.A.; AGUIAR, I.B.; FERREIRA, V.M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.2, p.249-256, 2003.

NOBRE, D.A.C.; DAVID, A.M.S.S.; SOUZA, V.N.R.; OLIVEIRA, D.; GOMES, A.A.M.; AGUIAR, P.M.; MOTA, W.F. Influência do ambiente de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de amaranto. **Comunicata Scientiae**, v.4, n.2, p.216-219, 2013.

NOCTOR, G.; FOYER, C.H. A re-evaluation of the ATP :NADPH budget during C3 photosynthesis: a contribution from nitrate assimilation and its associated respiratory activity? **Journal of Experimental Botany**, v.49, n.329, p.1895–1908, 1998.

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

OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M.G.G.C.; VON PINHO, E.V.R. Comportamento de sementes de milho colhidas por diferentes métodos, sob condições de armazém convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.2, p.289-302, 1999.

OLIVEIRA, C.; SILVA, B.M.S.; SADER, S.R.; MÔRO, F.V. Armazenamento de sementes de carolina em diferentes temperaturas e embalagens. **Ciência Rural**, v.42, n.1, p.68-74, 2012.

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

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p. 525-531, 2001.

PEREIRA, M.F.S. TORRES, S.B.; LINHARES, P.C.F.; PAIVA, A.C.C.; PAZ, A.E.S.; DANTAS, A.H. Qualidade fisiológica de sementes de coentro [*Coriandrum sativum* (L.)]. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v.13, n. esp, p.518-522, 2011.

PEREIRA, M. D.; MARTINS FILHO, S.; LAVIOLA, B. G. Envelhecimento acelerado em sementes de pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.1, p.119-123, 2012.

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

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Produção de sementes. In: PESKE, S.T. et al. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2003. 418p.

PINTO, A. H.; BINOTTI, F. F. S.; SOUZA, H. M.; BATISTA, T. B.; GOUVEIA; G. C. C. Teste de condutividade elétrica para diferenciação dos níveis de deterioração de sementes de forrageiras. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.2, p.9-15, 2016.

PIVA, A.L.; MEZZALIRA, E.J.; VILLA, F. Metodologia para teste de envelhecimento acelerado em sementes de fisális. **Magistra**, v.27, n.3/4, p.372-377, 2015.

PUKACKA, S. Changes in membrane lipid components and antioxidant levels during natural aging of seeds of *Acer platanoides*. **Physiology Plant**, v.82, n.2, p.306-310, 1991.

QIN, P.; KONG, Z.; LIAO, X.; LIU, Y. Effect of accelerated aging on physiological and biochemical characteristics of waxy and non-waxy wheat seed. **Journal of Northeast Agricultural University**. v.18, n.2, p.7-12, 2011.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014.

RADKE, A.K.; REIS, B.B.R.; GEWEHR, E.; ALMEIDA, A.S.; TUNES, L.M.; VILLELA, F.A. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. **Ciência Rural**, v.46, n.1, p.95-99, 2016.

RISI, J., GALWEY, N.W. *Chenopodium* grains of the Andes: a crop for the temperate latitudes. In: **New Crops for Food and Industry**. WICKENS, G.E., HAQ, N., DAY, P. New York: Chapman and Hall, 1989. 444p.

ROCHA, T.G.F.; MEDEIROS, A.D.; PEREIRA, M.D.; FERRARI, C.S. Vigor de sementes de moringa pelo teste de emissão da raiz primária. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.10, n.5, p.63-78, 2016.

RODO, A.B. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola e sua relação com o desempenho das plântulas em campo**. 2002. 123f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RODO, A.B.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agrícola**, v.57, n.2, p.289- 292, 2000.

RODRIGUES, A.P.M dos S.; MENDONÇA JÚNIOR, A.F. de; TORRES S.B.; NOGUEIRA, N.W.; FREITAS, R.M.O. de. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.3, p.638-644, 2015.

SALOMÃO, A.N.; SOUSA-SILVA, J.C.; DAVIDE, A.C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R.A.A.; WETZEL, M.M.V.S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L.S. **Germinação de Sementes e produção de Mudanças de Plantas do Cerrado**. In: SALOMÃO, A.N.; SOUSA-SILVA, J.C.; DAVIDE, A.C.; GONZÁLES, S. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96p.

SÁ, M. E. de. Condutividade elétrica em sementes de tomate (*Lycopersicon lycopersicum* L.). **Scientia Agrícola**, v.56, n.1, p.13-20, 1999.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.74, p.87-94, 2007.

SANTOS, F.; TRANI, P. E.; MEDINA, P. F.; PARISI, J. J. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade de sementes de alface e almeirão. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 322-323, 2011.

SANTOS, G.A.; ZONETTI, P.C. Influência da temperatura na germinação e desenvolvimento do girassol (*Helianthus annuus* L.). **Cesumar**, v.11, n.1, p.23-27, 2009.

SCANDALIOS, J.G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.38, n.7, p.995-1014, 2005.

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxides dismutases. **Plant Physiology**, v.101, n.1, p.7-12, 1993.

SCALON, S.P.; JEROMINE, T. Substratos e níveis de água no potencial germinativo de sementes de uvaia. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.49-58, 2013.

SENARATNA, T.; GUSSE, J.F.; MC KERSIE, B.D. Age-induced changes in cell membranes of imbibed soybean axes. **Physiology Plant**, v.73, n.1, p.85-91, 1988.

SHEARMAN, S. **Quinoa, chia seeds and Kale**: superfood or supermarketing? Acesso em: 17 jan. 2017. Disponível em <https://www.theguardian.com/media-network/media-network-blog/2014/oct/02/quinoa-chia-seeds-kale-superfoods-marketing>

SILVA, D.G.; CARVALHO, M.L.M.; NERY, M.C.; OLIVEIRA, L.M.; CALDEIRA, C.M. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante o armazenamento de sementes de *Tabebuia serratifolia*. **Cerne**, v.17, n.1, p.1-7, 2011.

SILVA, L.M. de M.; RODRIGUES, T. de J.D.; AGUIAR, I.B. de. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.691-697, 2002.

SIMON, E. W.; MINCHIN, A.; MCMENAMIN, M.M.; SMITH, J.M. The low temperature limit for seed germination. **New Phytologist**, v.77, n.2, p.301-311, 1976.

SIMONI, F. de; COSTA, R.S., FOGAÇA, C.A.; GEROLINETO, E. Sementes de *Sorghum bicolor* L. – Gramineae, submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG (6000). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.11, n.1, p.188-192, 2011.

SOUZA, J.E.A. Germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). 2016. 38 f., il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SPEHAR, C.R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.23, n.1, p.41-62, 2006.

SPEHAR, C.R.; SANTOS, R.L.B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.889-893, 2002.

STEFANELLO, R. **Efeito da luz temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de anis, funcho e endro**. 2005. 56f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SUNG, J.M.; JENG, T.L. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging of peanut seed. **Physiologia Plantarum**, v.91, n.1, p.51-55, 1994.

TAPIA, M. **Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación**. Santiago: FAO, 1997. 217p.

TAVÁREZ, O. B.; MARTÍNEZ, G. D. M.; ONTIVEROS, J. L. R.; OROZCO, A. M. Evaluación forragera de 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) em Montecillo, México. **Revista de La Facultad de Agronomía**, v.12, n.1, p.71-79, 1995.

TeKRONY, D.M. Accelerated aging test. In: HAMPTON, J.G. e TeKRONY, D.M. (Ed.) Handbook of vigour test methods. 3. ed. Zurich: International Seed Testing Association, 1995. p.35-50.

TEKRONY, D. M. Precision is an essential component in seed vigor testing. **Seed Science and Technology**, v.31, n.2, p.435-447, 2003.

TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. **Manual de sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224p.

TORRES, S. B. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.) **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.1, p.98-104, 2005.

TUNES, L.M.; PEDROSO, D.C.; BARBIERI, A.A.P.; CONCEIÇÃO, G.M.; 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 Biosciências**. v.9, p.12-17, 2011.

TUNES, L. M.; TAVARES, L. C.; BARROS, A. C. S. A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. **Revista Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.120-127, 2012.

TUNES, L.M.; PEDROSO, D.C.; GADOTTI, G.I.; MUNIZ, M.F.B.; BARROS, A.C.S.A.; VILLELA, F.A. Accelerated aging to assess sparsley seed vigor. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.3, p.457-460, 2013.

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. **Plant Science**, v.151, n.1, p.59-66, 2000.

VIEIRA, L.S.; JUNIOR, A.P.; BALBUENA, H.F.F., XAVIER, V.T.; SOUZA, V.Q de. Testes de germinação na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de aveia preta. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2., 2016, Dom Pedrito. **Anais...** Dom Pedrito: Universidade Federal do Pampa.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, 164p.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, C.F. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, C.F.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.) **Vigor de sementes**: Conceitos e testes. Londrina, ABRATES. p.1-26. 1999.

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

ZONTA J.B.; ARAUJO, E.F.; ARAUJO, R.F.; ZONTA, J.H.; DIAS, L.A. dos S.; RIBEIRO, P.H.Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Bioscience Journal**, v.30, n.5, p.599-608, 2014

WILSON, H.D., Quinoa and relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Cellulata*). **EconomicBotany**,v.44, p.92-110, 1990.

WOODSTOCK, L.M. Physiological and biochemical of seed vigor. **Seed Science and Technology**, v.1, n.1, p.127-157, 1973.