

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FRANCIELE DOS SANTOS

**INTERFERÊNCIA DO *PRIMING* NA QUALIDADE DE SEMENTES DE
CEVADA**

PONTA GROSSA - PR

2019

FRANCIELE DOS SANTOS

**INTERFERÊNCIA DO *PRIMING* NA QUALIDADE DE SEMENTES DE
CEVADA**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Ponta Grossa para a obtenção do título de Doutora em Agronomia - Área de Concentração: Agricultura. Linha de Pesquisa: Fisiologia, Melhoramento e Manejo de Culturas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Dionisia da Luz Coelho
Novembre

PONTA GROSSA - PR

2019

S237 Santos, Franciele dos
Interferência do *Priming* na qualidade de sementes de cevada/
Franciele dos Santos. Ponta Grossa, 2019
104 f.; il.

Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração –
Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Dionisia da Luz Coelho
Novembre.

1. *Hordeum vulgare* L. 2. Germinação e vigor. 3. Armaze-
namento. 4. Disponibilidade de água. 5. Temperatura. 6. Sali-
nidade. I. Novembre, Ana Dionisia da Luz Coelho. II. Uni-
versidade Estadual de Ponta Grossa - Doutorado em Agrono-
mia. III. T.

CDD: 631.53

Ficha catalográfica elaborada por Maria Luzia F. Bertholino dos Santos – CRB9/986



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Tese: “*Interferência do Priming na qualidade de sementes de cevada*”.

Nome: Franciele dos Santos

Orientador: Ana Dionísia da Luz Coelho Novembre

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Profª Drª Ana Dionísia da Luz Coelho Novembre

Profª Drª Amánda Regina Godoy Baptista

Profª Drª Mônica Jasper

Prof. Dr. Osmar Paulo Beckert

Profª Drª Tereza Cristina de Carvalho

Data da Realização: 08 de Fevereiro de 2019.

Aos meus pais,
Francisco e Isabel
DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar presente em cada momento, guiando e iluminando sempre o meu caminho.

Aos meus pais, Francisco e Isabel, pelo apoio, orações e pela compreensão nos momentos em que estive ausente.

Ao meu irmão Fabiano por me ajudar com o transporte das sementes e pelas viagens a Ponta Grossa.

À Prof. Dra. Ana Dionisia da Luz Coelho Novembre pela orientação durante estes anos, pelos ensinamentos e por todo suporte.

Ao Prof. Dr. Osmar Paulo Beckert pela colaboração, paciência e por compartilhar seus conhecimentos, principalmente durante as aulas das disciplinas de Estágio Orientado de Docência I e II.

Ao Prof. Dr. Mauro Donizeti Tonasse (*in memoriam*) pelo incentivo à realização da pós-graduação. Era um profissional com uma extraordinária capacidade de trabalho e gostava de ir além, tinha um conhecimento científico que se estendia pelas áreas que não atuava. Obrigada pela convivência e pela oportunidade de aprender com seu exemplo, sempre me lembrarei com carinho e admiração.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa por possibilitar a realização do curso de Doutorado e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Laboratório de Tecnologia de Sementes da USP/ESALQ por permitir a utilização de sua estrutura para condução dos experimentos. Assim como aos funcionários Adilson J. Teixeira, Francisco G. Gomes Junior, João E. Jabur e Davi pela disponibilidade de sempre ajudar no que era preciso, e em especial à Helena M. C. P. Chamma, por sua atenção zelosa, dedicação e exemplo de profissionalismo.

À empresa Protecta pela disponibilidade em fornecer as sementes utilizadas nesta pesquisa.

À Aline Mari Huf dos Reis, Aline P. Ribeiro, Ariadne Waureck, Gislaine Gabardo e Isabela L. Pessenti pelo companheirismo e solidariedade.

À todos os colegas, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação pelo convívio e ensinamentos. E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente, para a conclusão deste trabalho.

Muito obrigada!

INTERFERÊNCIA DO *PRIMING* NA QUALIDADE DE SEMENTES DE CEVADA

RESUMO

A velocidade e a uniformidade da germinação das sementes de cevada são essenciais para o estabelecimento das plântulas, e o *priming* é uma técnica que pode favorecer o processo de germinação. Assim, nesta pesquisa foi avaliada a aplicação do *priming* para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, bem como a interferência deste procedimento nos parâmetros fisiológico e sanitário das sementes, imediatamente após a aplicação desta técnica e durante o armazenamento, e se o *priming* favorece a germinação e o vigor das sementes quando associado à redução da disponibilidade hídrica e da temperatura e em condição de salinidade. Na primeira etapa, inicialmente, foi determinada a cinética da absorção de água pelas sementes de cevada, hidratadas por imersão a 15 °C e a 20 °C e, posteriormente, as sementes foram submetidas ao *priming*, utilizando água destilada (0 MPa) e soluções -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4 MPa de polietileno glicol (PEG 6000). Na segunda etapa foi determinada a interferência do *priming* (água e soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 a 15 °C) na germinação e no vigor das sementes e na incidência dos fungos, durante o período de seis meses de armazenamento. E na terceira etapa, as sementes foram colocadas para germinar em inadequações ambientais: baixa disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG); baixas temperaturas (5 °C e 10 °C) e salinidade (-0,7 MPa de NaCl). Foi possível constatar que os métodos por imersão em água e nas soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 a 15 °C são considerados mais adequados para o *priming* das sementes de cevada. O *priming* possibilita aumentos significativos da velocidade de germinação das sementes e de emergência da plântula. Os efeitos benéficos do procedimento são mantidos ao longo dos seis meses de armazenamento em condições controladas de ambiente (17 °C e 50% de UR do ar). Os principais fungos associados às sementes de cevada são os das espécies *Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria alternata*, *Fusarium graminearum* e *Cladosporium* spp.. Além disso, o *priming* preserva a qualidade das sementes de cevada quando há limitação da disponibilidade de água e da temperatura e em meio salino, apresentando incrementos da velocidade de germinação das sementes e do comprimento da raiz primária das plântulas, principalmente nas sementes menos vigorosas.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare* L.; germinação e vigor; armazenamento; disponibilidade de água, temperatura e salinidade.

INTERFERENCE OF PRIMING IN BARLEY SEEDS QUALITY

ABSTRACT

The speed and uniformity of germination of the barley seeds are essential for the establishment of the seedlings, and priming is a technique that can favor the germination process. Thus, in this research the application of priming for barley seeds, BRS Cauê cultivar, was evaluated, as well as interference of priming in the physiological and sanitary parameters of the seeds, immediately after the application of this technique and during storage, and whether priming favors seed germination and vigor when associated with reduction water availability and temperature and in salinity condition. In the first stage, initially, was determined the water uptake kinetics by barley seeds, hydrated by immersion at 15 °C and 20 °C and, then the seeds were submitted to priming using distilled water (0 MPa) and polyethylene glycol (PEG 6000) solutions (-0.1, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, -1.2 and -1.4 MPa). In the second stage, the interference of priming (water and PEG 6000 solutions -0.1, -0.2 and -0.4 MPa at 15 °C) was determined in the seeds germination and vigor and fungi incidence during six months storage. And in the third stage, the seeds were placed to germinate in adverse environmental conditions: low water availability (PEG -0.7 MPa); low temperatures (5 °C and 10 °C) and salinity (NaCl -0.7 MPa). It was possible to verify that the methods by immersion at 15 °C in water or PEG 6000 solutions -0.1; -0.2 and -0.4 MPa are considered more appropriate for priming of barley seeds. Priming allows significant increases in the seed germination speed and seedling emergence speed. The beneficial effects of procedure are maintained throughout the six months of storage under controlled environment conditions (17 °C and 50% relative humidity). The main fungi associated with barley seeds are *Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria alternata*, *Fusarium graminearum* and *Cladosporium* spp.. In addition, priming preserves the quality of barley seeds when there is limitation of water availability and temperature and salinity, presenting increases in the germination speed and the length primary root of the seedling, especially in least vigorous seeds.

Key words: *Hordeum vulgare* L.; germination and vigor; storage; water availability, temperature and salinity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 - Modelo esquemático do procedimento utilizado para a hidratação das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, visando determinar a cinética da absorção de água 29
- Figura 1.2 - Cinética da absorção de água pelas sementes de cevada, cultivar BRS Cauê 32
- Figura 1.3 - Valores médios de plântulas normais obtidos na primeira contagem do teste de germinação para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) 38
- Figura 1.4 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 41
- Figura 1.5 - Valores médios do índice de velocidade de emergência da plântula (IVE) obtidos para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 42
- Figura 2.1 - Valores médios de plântulas normais obtidos na primeira contagem do teste de germinação realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 58
- Figura 2.2 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de envelhecimento acelerado realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 60
- Figura 2.3 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05)63

- Figura 2.4 - Valores médios do índice de velocidade de emergência da plântula (IVE) obtidos no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 64
- Figura 2.5 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 65
- Figura 2.6 - Valores médios da incidência de *Bipolaris sorokiniana* determinados no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 66
- Figura 2.7 - Valores médios da incidência de *Alternaria alternata* determinados no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 68
- Figura 2.8 - Valores médios da incidência de *Fusarium graminearum* determinados no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 69
- Figura 2.9 - Valores médios da incidência de *Cladosporium* spp. determinados no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 70
- Figura 3.1 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos a temperatura de 5 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 83
- Figura 3.2 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos a temperatura de 5 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 84

- Figura 3.3 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos a temperatura de 10 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 87
- Figura 3.4 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos a temperatura de 10 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 88
- Figura 3.5 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos em limitação da disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 91
- Figura 3.6 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos em limitação da disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 93
- Figura 3.7 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos em condição de salinidade (-0,7 MPa de NaCl), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 96
- Figura 3.8 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos em condição de salinidade (-0,7 MPa de NaCl), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05) 99

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.1 - Concentrações de polietileno glicol (PEG 6000) utilizadas para o preparo das soluções do *priming*, visando a obtenção dos diferentes níveis de potencial hídrico (-0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4 MPa) em função da temperatura empregada (15 °C e 20 °C) 30
- Tabela 1.2 - Tempo aproximado (horas) para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, atingirem 30,0% de água, em função da temperatura e do potencial hídrico da solução utilizada para a realização do *priming* 31
- Tabela 1.3 - Valores médios do teor de água obtidos após o *priming* e após a secagem das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) 34
- Tabela 1.4 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) 35
- Tabela 1.5 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de emergência da plântula para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) 36
- Tabela 1.6 - Valores médios de plântulas normais obtidos na primeira contagem do teste de germinação para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) 39
- Tabela 2.1 - Valores médios do teor de água das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, obtidos após o *priming* e após a secagem, e quando avaliadas no início e aos três e seis meses de armazenamento 53
- Tabela 2.2 - Valores médios obtidos para o peso de mil sementes realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) 54
- Tabela 2.3 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) 56

Tabela 2.4 -	Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de emergência da plântula realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao <i>priming</i> a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000)	57
Tabela 2.5 -	Valores médios de plântulas normais obtidos na primeira contagem do teste de germinação realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao <i>priming</i> a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000)	59
Tabela 2.6 -	Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de envelhecimento acelerado realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao <i>priming</i> a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000)	61
Tabela 3.1 -	Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação conduzido a temperatura de 5 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao <i>priming</i> a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000)	81
Tabela 3.2 -	Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação conduzido a temperatura de 10 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao <i>priming</i> a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000)	86
Tabela 3.3 -	Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação conduzido em limitação da disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao <i>priming</i> a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000)	90
Tabela 3.4 -	Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos em limitação da disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao <i>priming</i> a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000)	92
Tabela 3.5 -	Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação conduzido em condição de salinidade (-0,7 MPa de NaCl), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao <i>priming</i> a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000)	95

Tabela 3.6 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos em condição de salinidade (-0,7 MPa de NaCl), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000) 97

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
REVISÃO DE LITERATURA	16
1 CULTURA DA CEVADA	16
2 GERMINAÇÃO DAS SEMENTES	18
3 <i>PRIMING</i> EM SEMENTES	19
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 1 - APLICAÇÃO DO <i>PRIMING</i> PARA AS SEMENTES DE CEVADA	24
RESUMO	24
ABSTRACT	25
1.1 INTRODUÇÃO	26
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	26
1.2.1 Cinética da absorção de água pelas sementes de cevada	28
1.2.2 Aplicação do <i>priming</i> para as sementes de cevada	29
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
1.3.1 Cinética da absorção de água pelas sementes de cevada	31
1.3.2 Aplicação do <i>priming</i> para as sementes de cevada	33
1.4 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO 2 - <i>PRIMING</i> E QUALIDADE DE SEMENTES DE CEVADA DURANTE O ARMAZENAMENTO	45
RESUMO	45
ABSTRACT	46
2.1 INTRODUÇÃO	47
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	49
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
2.4 CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS	71
CAPÍTULO 3 - INTERFERÊNCIA DO <i>PRIMING</i> NA QUALIDADE DAS SEMENTES DE CEVADA EM CONDIÇÕES ADVERSAS DE AMBIENTE	74
RESUMO	74
ABSTRACT	75
3.1 INTRODUÇÃO	76
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	78
3.2.1 Condições adversas de ambiente	79
3.2.1.1 Temperaturas	79
3.2.1.2 Água	80
3.2.1.3 Salinidade	80
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	81

3.3.1 Condições adversas de ambiente	81
3.3.1.1 Temperaturas	81
3.3.1.1.1 Temperatura de 5 °C	81
3.3.1.1.2 Temperatura de 10 °C	85
3.3.1.2 Água	89
3.3.1.3 Salinidade	94
3.4 CONCLUSÕES	100
REFERÊNCIAS	100
CONSIDERAÇÕES GERAIS	104

INTRODUÇÃO

A expansão da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.) é relativamente recente e ocorre, em grande parte, devido às iniciativas da indústria cervejeira que fomentam a produção nacional. A Região Sul do Brasil é a principal produtora de cevada do país, no entanto, a produção brasileira de grãos para a obtenção do malte não é ainda suficiente para suprir a necessidade interna, o que requer importação, que por sua vez onera a balança comercial (AMABILE; FALEIRO, 2014). Neste contexto, a introdução de cultivos da cevada em novas áreas agrícolas é uma alternativa para a demanda deste cereal, sendo necessário o desenvolvimento de técnicas para fundamentar a produção de sementes, mesmo em condições variáveis de ambiente.

Partindo do pressuposto que a qualidade das sementes representa o ponto inicial da implantação da cultura, é justificável o uso de métodos que acelerem a emergência das plântulas, possibilitando o seu estabelecimento rápido e uniforme. Dentre os procedimentos utilizados o *priming* pode ser uma alternativa, sendo uma técnica caracterizada pela hidratação da semente até atingir nível suficiente para ativar os processos preparatórios para a germinação, sem, contudo, haver a protrusão da raiz primária. É essencial que durante o *priming* não haja a emissão da raiz, evidenciando a resistência das sementes à secagem e, como consequência, favorecendo a conservação durante o armazenamento (HEYDECKER; HIGGINS; TURNER, 1975).

O *priming* envolve a absorção da água pelas sementes, de forma lenta e controlada, permitindo um tempo maior para reparação ou reorganização das membranas celulares, o que pode beneficiar a uniformidade do processo de germinação. Além disso, uma das principais vantagens do emprego do *priming* está associada à possibilidade de acelerar a germinação das sementes, inclusive quando expostas a condições inadequadas de ambiente, como baixa disponibilidade hídrica, níveis altos de salinidade e temperaturas subótimas e supraótimas (BRADFORD, 1986).

Inicialmente, esta técnica foi desenvolvida para sementes pequenas, como as de hortaliças, floríferas e gramíneas forrageiras, devido à facilidade de aplicação do *priming*. Entretanto, estudos relatam efeitos benéficos deste procedimento na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas de diversas culturas, como observado por Zheng et al. (2016) para as sementes de arroz, Tabatabaei (2013) para as de cevada, Ghodrat e Rousta (2012) para as de milho, Oliveira e Gomes-Filho (2010) para as de sorgo e Oliveira et al. (2007) para as de milho doce.

Desta forma, pesquisas relacionadas a utilização da técnica do *priming*, visando reduzir o tempo médio de germinação das sementes e sincronizar a emergência das plântulas, particularmente em condições ambientais não favoráveis, podem ser relevantes para a obtenção de melhores estandes.

Portanto, o objetivo desta pesquisa foi: (i) avaliar a aplicação do *priming* nas sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000), (ii) analisar se a interferência da utilização desta técnica na qualidade das sementes é mantida durante o armazenamento, (iii) determinar o efeito do *priming* na incidência dos fungos associados às sementes de cevada ao longo do período de armazenagem e (iv) verificar se a aplicação do *priming* pode favorecer a germinação e o vigor das sementes em condições de limitação da disponibilidade hídrica e da temperatura e em meio salino.

REVISÃO DE LITERATURA

1 CULTURA DA CEVADA

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é uma gramínea anual da família *Poaceae*, da tribo *Triticeae*. O gênero *Hordeum* é composto por 32 espécies, sendo *Hordeum vulgare* L., a única espécie cultivada (BOTHMER et al., 1995). Esta espécie é constituída por duas subespécies: *Hordeum vulgare* L. ssp. *spontaneum* (C. Koch) Thell e *Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* L. A subespécie *vulgare* engloba todas as formas cultivadas, enquanto a subespécie *spontaneum* corresponde à forma silvestre reconhecida como a ancestral imediata de todas as cevadas cultivadas (SMITH, 1995).

Além disso, nesta espécie há duas covariedades: a *distichum*, de duas fileiras de grãos por espiga ou dística (cultivar cervejeira) e a *vulgare*, de seis fileiras de grãos por espiga ou hexástica (cultivar forrageira). Nas covariedades hexásticas, todas as flores de cada nó da ráquis são férteis, no entanto, nas dísticas somente a flor da espiguetta central é fértil, e as laterais são estéreis, como resultado de mutações das espiguetas laterais da covariedade dística (BOTHMER; JACOBSEN, 1985).

Há evidências arqueológicas da origem da cevada cultivada na região do Crescente Fértil (“*Fertile Crescent*” - Oriente Médio) (HARLAN, 1979). Entretanto, são considerados quatro centros de diversidade, como afirmaram Bothmer et al. (1995), o Sudoeste da Ásia, a Ásia Central, o Oeste da América do Norte e o Sul da América do Sul. Por ser uma espécie de ampla adaptação ecológica, a cevada tem distribuição geográfica extensa, no entanto, devido à

adequação da planta ao clima frio e seco e em solos neutros e férteis, a produção está concentrada em regiões temperadas (POEHLMAN, 1985). O nível restrito de tolerância ao clima úmido e quente e à acidez do solo limita a distribuição e a produção desta planta nas regiões tropicais.

Atualmente, a cevada é o quarto cereal mais produzido no mundo, superado apenas pelas culturas do milho, arroz e trigo. De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, FAO, a produção mundial de cevada em 2017 foi de aproximadamente 144,5 milhões de toneladas, colhidas em uma área de 49,4 milhões de hectares (FAOSTAT, 2017). Os principais países produtores estão no Continente Europeu, que concentra mais da metade da produção mundial (64,8%), com destaque para a Rússia (20,4 milhões de toneladas em 9 milhões de hectares), França (11,7 milhões de toneladas em 1,8 milhões de hectares) e Alemanha (11,6 milhões de toneladas em 1,6 milhões de hectares) (FAOSTAT, 2017).

Na América Latina, a Argentina e o Uruguai são os dois principais produtores e o Brasil ocupa o terceiro lugar, produzindo cerca de 380 mil toneladas, em aproximadamente 91 mil hectares (FAOSTAT, 2017). Tradicionalmente, a produção brasileira está restrita às áreas de clima temperado, como os planaltos dos Estados da Região Sul, com o sistema de cultivo de sequeiro; recentemente, há registros da produção da cevada, com irrigação suplementar, em áreas do Cerrado, nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal (AMABILE; FALEIRO, 2014).

O Estado do Paraná é o maior produtor do país, sendo responsável por 39,1% da produção nacional (33,1% da área de cultivo), com produtividade média de 4.518 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). Neste Estado, o cultivo da cevada está concentrado na Região Centro Sul, com destaque para as microrregiões de Guarapuava e Ponta Grossa (IBGE, 2017). A expansão da cultura nestas microrregiões está relacionada à demanda da indústria de malte cervejeiro, à instalação das fábricas de cerveja e ao crescimento das microcervejarias artesanais.

A malteação é a principal aplicação econômica da cevada produzida no Brasil. Em média, 75% da produção é para a elaboração do malte, 18% para a alimentação animal na forma de grão, feno e silagem e 7% para a produção de sementes. No entanto, a produção brasileira não é suficiente para atender a demanda nacional do malte, cujo déficit é suprido com importações que oneram a balança comercial (DE MORI; MINELLA, 2012). Assim, a ampliação da área de cultivo da cevada e o êxito da sua inserção nos sistemas de produção dependem dos avanços da pesquisa, visando o desenvolvimento de técnicas para a obtenção de sementes de alta qualidade e possibilitando, com isso, a expansão agrícola.

2 GERMINAÇÃO DAS SEMENTES

A germinação é um processo que tem início com a absorção da água e se encerra com o alongamento do eixo embrionário e a emissão da raiz primária (BEWLEY; BLACK, 1978). Segundo Bewley e Black (1994), durante a germinação ocorrem três etapas principais que consistem na embebição, na ativação dos processos bioquímicos preparatórios para o crescimento do embrião e na emergência propriamente dita. A captação de quantidade considerável de água é imprescindível para o reinício das atividades metabólicas da semente após a maturidade. Portanto, a absorção de água pelas sementes da maioria das espécies ocorre de acordo com um padrão trifásico, proposto por Bewley e Black (1978).

A fase I, também denominada embebição, é caracterizada pela rápida transferência de água do substrato para a semente, devido à diferença entre os potenciais hídricos. A embebição coloidal predomina durante esta fase e pode ocorrer independentemente da viabilidade ou da dormência das sementes, desde que não relacionada a impedimentos físicos à entrada de água (BEWLEY; BLACK, 1978). Os mesmos autores afirmam que neste período, há os primeiros sinais da reativação do metabolismo, com aumento da atividade respiratória, liberação de energia, ativação de enzimas e síntese de proteínas a partir do mRNA armazenado ao final do processo de maturação.

A estabilização da absorção de água e a redução da intensidade de respiração caracterizam a fase II, cuja ocorrência e duração são variáveis de acordo com a espécie considerada e com as condições térmicas e hídricas durante a hidratação (VERTUCCI, 1989). Esta fase, caracterizada por atividades constituintes do processo bioquímico preparatório para a germinação, pode ser necessária para a síntese de enzimas, de DNA e de mRNA pré-existentes, exauridos durante a fase I (BEWLEY; BLACK, 1994).

Na fase III, com o metabolismo ativado e em função da produção de substâncias osmoticamente ativas, ocorre uma redução no potencial hídrico das sementes, resultando em rápida absorção da água do meio quando reidratadas. O início da fase III, tornando visível a retomada do crescimento do embrião, é identificado pela emissão da raiz primária, constituindo uma etapa alcançada apenas por sementes vivas e não dormentes (BEWLEY; BLACK, 1994). Deve ser enfatizado que a semente pode apresentar simultaneamente as três fases, dependendo de fatores como a permeabilidade da cobertura e a composição química dos tecidos de reserva.

Assim, quando as sementes viáveis absorvem água, uma série de eventos é iniciada, cujo resultado final é a emissão da raiz primária, e como consequência, a germinação é completada. Durante a hidratação, os processos bioquímicos são retomados, sendo que a

respiração, a atividade de enzimas e organelas e a síntese de RNA e proteínas, estão intimamente envolvidos na germinação e no preparo para o subsequente crescimento do embrião (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

No sistema celular das sementes, a respiração é um fenômeno que consiste basicamente na oxidação das substâncias orgânicas e na liberação gradativa de energia química. A energia é utilizada nas atividades metabólicas relacionadas com os movimentos citoplasmáticos, dos cromossomos e das substâncias de reserva através de tecidos e órgãos, além de ser aproveitada nas reações de sínteses de lipídios, proteínas e outras moléculas, sendo que a taxa respiratória das sementes durante a germinação é a mais elevada, em comparação com qualquer outro processo fisiológico da planta (POPINIGIS, 1985).

As substâncias de reserva armazenadas nas sementes não podem ser transportadas de uma célula para outra e, assim, transferidas até os pontos de crescimento do embrião, nem podem ser empregadas para a formação de novo protoplasma e paredes celulares, antes de serem simplificadas. Portanto, a hidrólise das reservas e sua transformação em substâncias solúveis e difusíveis, sob controle enzimático, é fundamental (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1975).

Em sementes nas quais o endosperma amiláceo não é composto por células vivas, não há enzimas para mobilizar o amido, como é caso das sementes de cevada. A principal enzima envolvida na hidrólise do amido é a α -amilase, sintetizada e liberada na camada de aleurona, em resposta à ação de giberelinas provenientes do embrião (escutelo), durante a hidratação das sementes. Com isso, há o desdobramento das reservas que serão utilizadas para o desenvolvimento da plântula (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A translocação das reservas mobilizadas para o eixo embrionário, ocorre ainda durante a fase II do padrão trifásico de hidratação das sementes. No entanto, a assimilação dos produtos digeridos e translocados, marca a transição entre as fases II e III da cinética de absorção de água pelas sementes, completando a sequência de eventos metabólicos que criam condições para o crescimento do embrião, o que possibilita, assim, a ocorrência da fase III em que é possível visualizar a emissão da raiz primária, constituindo a emergência propriamente dita (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

3 PRIMING EM SEMENTES

A técnica do *priming*, desenvolvida por Heydecker, Higgins e Turner (1975), tem como objetivo acelerar a germinação das sementes, bem como sincronizar a emergência das

plântulas, permitindo o estabelecimento mais rápido e uniforme das plantas no campo. Consequentemente, isso pode minimizar os efeitos das condições adversas de ambiente e proporcionar maior competitividade com as plantas daninhas.

De modo geral, o processo de germinação das sementes ocorre com a absorção da água seguindo um padrão trifásico de hidratação (BEWLEY; BLACK, 1994). Assim, o *priming* visa controlar a entrada de água nas sementes de forma a promover a atividade metabólica das fases iniciais do processo de germinação (fases I e II), sem, no entanto, atingir a fase III, caracterizada pelo alongamento celular e emissão da raiz primária.

Para tanto, podem ser utilizados agentes osmóticos que reduzem o potencial hídrico da solução de hidratação e limitam a absorção da água pelas sementes (HEYDECKER; HIGGINS; TURNER, 1975). A variação do potencial hídrico pode ser efetuada com o uso de sais inorgânicos, como nitrato de potássio (KNO_3), sulfato de magnésio ($MgSO_4$), cloreto de sódio ($NaCl$) e cloreto de magnésio ($MgCl_2$) ou de outras substâncias solúveis em água, como manitol, glicerol e polietileno glicol (PEG) (TAYLOR et al., 1998). No entanto, atualmente, predomina a utilização do PEG, por ser um polímero inerte e não tóxico, de elevado peso molecular, que não penetra nas células das sementes. A principal desvantagem do emprego da solução de PEG é a possível necessidade de aeração artificial, uma vez que a solubilidade do oxigênio é inversamente proporcional à concentração de PEG. O baixo nível de oxigênio pode induzir a anaerobiose e favorecer a produção de etanol e de outros produtos tóxicos à semente (HEYDECKER; COOLBEAR, 1977).

Além do *priming* com soluções osmóticas, outros métodos também são utilizados para a aplicação desta técnica, como a hidratação das sementes em matriz sólida, em que as sementes são colocadas em contato com material sólido (de baixo potencial mátrico) umedecido, bem como a hidratação em água ou em atmosfera úmida ou em tambor rotativo (TAYLOR et al., 1998; KHAN, 1992).

Ghodrat e Rousta (2012) verificaram em sementes de milho que o *priming* em água, com adição de ácido giberélico, causou o aumento do comprimento e da massa seca das plântulas, quando as sementes foram colocadas para germinar em condições de salinidade.

Sun et al. (2010) observaram que em sementes de arroz o *priming* com água destilada ou com soluções osmóticas de PEG favoreceu a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes e incrementou a massa seca e o comprimento da raiz primária e da parte aérea das plântulas quando expostas à restrição hídrica do meio germinativo.

Rouhollah (2011) também constatou que após o *priming*, com água ou soluções de PEG, as sementes de centeio apresentaram maior porcentagem de germinação e crescimento inicial das plântulas em condições de baixa disponibilidade de água.

Para sementes de cevada e trigo, Djébali (2012) verificou que o *priming* com água favoreceu a emergência das plântulas e a rapidez de estabelecimento, quando comparadas às sementes não submetidas a este procedimento.

REFERÊNCIAS

AMABILE, R. F.; FALEIRO, F. G. **A cevada irrigada no Cerrado: estado da arte, recursos genéticos e melhoramento**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2014. 127 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. Berlim: Springer Verlag, 1978. v. 1, 306 p.

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

BOTHMER, R. von; JACOBSEN, N.; BADEN, C.; JØRGENSEN, R. B.; LINDE-LAURSEN, I. B. **An ecogeographical study of the genus *Hordeum***. 2. ed. Rome: IBPGR, 1995. 129 p. (IBPGR. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools, 7).

BOTHMER, R. von; JACOBSEN, N. Origin, taxonomy and related species. In: RASMUSSEN, D. C. (Ed.). **Barley**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1985. p. 19-56. (ASA Agronomy Monograph Barley, n. 26).

BRADFORD, K. J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, v. 21, n. 5, p. 1105-1112, 1986.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Grãos: série histórica**. 2018. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historica-dashboard>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

DE MORI, C.; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 28 p. (Documentos, 139).

DJÉBALI, N. Seed hydropriming effect on *Triticum durum* and *Hordeum vulgare* germination, seedling growth and resistance to *Fusarium culmorum*. **Plant Pathology Journal**, v. 11, n. 3, p. 77-86, 2012.

FAOSTAT. **Statistical databases**. 2017. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

GHODRAT, V.; ROUSTA, M. J. Effect of priming with gibberellic acid (GA₃) on germination and growth of corn (*Zea mays* L.) under saline conditions. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 4, n. 13, p. 882-885, 2012.

HARLAN, J. R. On the origin of barley. In: **Barley: origin, botany, culture, winter hardiness, genetics, utilization, pests**. Washington: Agriculture Handbook 338. U.S. Department of Agriculture, 1979. p. 9-31.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance, survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, v. 5, n. 2, p. 353-425, 1977.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y. J. Invigoration of seeds? **Seed Science and Technology**, v. 3, n. 3/4, p. 821-881, 1975.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

KHAN, A. A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural**, v. 13, p. 131-181, 1992.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press Ltda., 1975. 192 p.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 25-34, 2010.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA-MANN, R.; SANTOS, M. F.; GOIS, I. B.; BARRETTO, M. C. V. Condicionamento osmótico em sementes de milho doce submetidas ao armazenamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 444-448, 2007.

POEHLMAN, J. M. Adaptation and distribution. In: RASMUSSEN, D. C. (Ed.). **Barley**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1985. p. 1-18. (ASA Agronomy Monograph Barley, n. 26).

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

ROUHOLLAH, A. Effects of osmopriming on drought stress tolerance of perennial rye (*Secale montanum* Guss.) during germination. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 3/4, p. 305-308, 2011.

SMITH, C. W. **Crop production: evolution, history and technology**. New York: Wiley, 1995. 496 p.

SUN, Y.; SUN, Y.; WANG, M.; LI, X.; GUO, X.; HU, R.; MA, J. Effects of seed priming on germination and seedling growth under water stress in rice. **Acta Agronomica Sinica**, v. 36, n. 11, p. 1931-1940, 2010.

TABATABAEI, S. A. Effect of osmopriming on germination and enzyme activity in barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds under drought stress conditions. **Journal of Stress Physiology and Biochemistry**, v. 9, n. 4, p. 25-31, 2013.

TAYLOR, A. G.; ALLEN, P. S.; BENNETT, M. A.; BRADFORD, K. J.; BURRIS, J. S.; MISRA, M. K. Seed enhancements. **Seed Science Research**, v. 8, n. 2, p. 245-256, 1998.

VERTUCCI, C. W. The kinetics of seed imbibition. In: CROP SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Seed moisture**. Madison: CSSA, 1989. p.93-115. (CSSA. Special Publication, 14).

ZHENG, M.; TAO, Y.; HUSSAIN, S.; JIANG, Q.; PENG, S. Seed priming in dry direct seeded rice: consequences for emergence, seedling growth and associated metabolic events under drought stress. **Plant Growth Regulation**, v. 78, n. 2, p. 167-178, 2016.

CAPÍTULO 1 - APLICAÇÃO DO *PRIMING* PARA AS SEMENTES DE CEVADA

RESUMO

A velocidade e a uniformidade da germinação das sementes de cevada são essenciais para o estabelecimento das plântulas. A hidratação prévia da semente, caracterizada pelo *priming*, pode favorecer o processo de germinação. Assim, nesta pesquisa foi avaliada a aplicação do *priming* para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê. Inicialmente, foi determinada a cinética da absorção de água pelas sementes, hidratadas por imersão a 15 °C e a 20 °C. Nestas condições, foi possível verificar que não há a protrusão da raiz primária quando as sementes têm até 30,0% de água, o que permite definir o nível de hidratação das sementes para o *priming*. A seguir, as sementes foram submetidas ao *priming*, utilizando água destilada (0 MPa) e soluções -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4 MPa de polietileno glicol (PEG 6000), e avaliadas quanto à germinação (total, primeira contagem e índice de velocidade) e emergência da plântula (total e índice de velocidade). Os resultados mostram que, a hidratação das sementes de cevada a 15 °C por imersão em água ou nas soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 é mais adequada para o *priming*. Após a aplicação desta técnica há aumentos significativos da velocidade de germinação das sementes e de emergência das plântulas de cevada.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare* L.; hidratação das sementes; germinação e vigor.

CHAPTER 1 - APPLICATION OF PRIMING FOR BARLEY SEEDS

ABSTRACT

The speed and uniformity of germination of the barley seeds are essential for the establishment of the seedlings. Pre-hydration of the seed, characterized by priming, may favor the germination process. Thus, in this research the application of priming in barley seeds, BRS Cauê cultivar, was evaluated. Initially, was determined the water uptake kinetics by seeds, hydrated by immersion at 15 °C and 20 °C. There is no primary root protrusion when the seeds have up to 30,0% water, which allows to define the level of hydration of the seeds for priming. The seeds were then submitted to priming using distilled water (0 MPa) and polyethylene glycol (PEG 6000) solutions (-0.1, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, -1.2 and -1.4 MPa) and evaluated for germination (total, first count and speed index) and seedling emergence (total and speed index). The results show that the hydration of the barley seeds at 15 °C by immersion in water or PEG 6000 solutions -0.1, -0.2 and -0.4 MPa is more appropriate for priming. After the application of this technique there are significant increases in seed germination speed and barley seedlings emergence.

Key words: *Hordeum vulgare* L.; seeds hydration; germination and vigor.

1.1 INTRODUÇÃO

O estudo da cinética da absorção de água é importante para o desenvolvimento de pesquisas visando possibilitar que a semente expresse a qualidade por meio da realização de tratamentos aplicados antes da semeadura (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O período compreendido entre a semeadura e a emergência da plântula representa uma das fases mais críticas do ciclo da planta, uma vez que as condições do ambiente podem não ser adequadas para que haja a rápida emergência da plântula e o desenvolvimento inicial (KHAN et al., 1976). Assim, os tratamentos são importantes, pois podem reduzir o tempo de exposição das sementes aos fatores que causam deterioração.

Dentre estes tratamentos realizados antes da semeadura é possível destacar a técnica do *priming*, que tem por objetivo acelerar a germinação da semente, bem como sincronizar a emergência da plântula. Para tanto, as sementes são submetidas a um controle da hidratação, suficiente para ativar os processos preparatórios da germinação (fases I e II da hidratação), sem, contudo, haver a protrusão da raiz primária, característica da fase III (BRADFORD, 1986).

No caso da cultura da cevada, a aceleração da velocidade da germinação proporcionada por meio do *priming* é importante para o estabelecimento da plântula. Tabatabaei (2013) relatou efeitos favoráveis desta técnica (solução -0,8 MPa de PEG 6000 por 24 horas a 15 °C) para a porcentagem e a velocidade da germinação e para a emergência das plântulas de cevada, quando, após o *priming*, as sementes foram expostas à baixa disponibilidade de água. Resultados obtidos por Khafagy et al. (2017) também demonstraram, após o *priming* (água e PEG 6000 por 24 horas a temperatura ambiente) com solução de nitrato de potássio (1000 mg L⁻¹ KNO₃), benefícios para a germinação das sementes e para a emergência e o crescimento inicial das plântulas de cevada em ambientes com restrição hídrica.

Portanto, em função da variação dos métodos e dos resultados para a utilização do *priming* para as sementes de cevada e da necessidade de padronização destas metodologias, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar a cinética da absorção de água e definir condições adequadas para a aplicação do *priming* e sua interferência na qualidade das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a pesquisa foram utilizados dez lotes de sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, produzidas no ano agrícola de 2016 e provenientes dos campos de produção de sementes da

empresa Protecta, localizada no município de Ponta Grossa-PR. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes, pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba-SP.

As amostras de trabalho foram obtidas após a homogeneização das amostras médias, com cerca de 4,0 kg de sementes, e em seguida foram embaladas em sacos de papel kraft e armazenadas a 17 °C e 50% de umidade relativa do ar (UR), durante todo o período experimental. Inicialmente, as sementes foram avaliadas mediante as determinações do teor de água, da germinação (total, primeira contagem e índice de velocidade de germinação) e da emergência da plântula (total e índice de velocidade de emergência) para caracterização da qualidade inicial, bem como para seleção dos lotes que foram utilizados nas demais etapas da pesquisa, em função das diferenças de vigor entre as sementes destes lotes.

a. Teor de água: determinado pelo método da estufa a $105 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$, durante 24 horas, utilizando duas repetições de 5,0 g de sementes por lote (BRASIL, 2009). Os resultados foram calculados com base na massa úmida e expressos em porcentagem.

b. Teste de germinação: quatro repetições de 50 sementes por lote, foram dispostas em substrato de papel, umedecido com água em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Os rolos foram mantidos em germinador regulado à temperatura constante de 20 °C, na ausência de luz. As avaliações foram efetuadas aos quatro e sete dias após a instalação do teste, determinando, na contagem final, a porcentagem média de plântulas normais, anormais e sementes mortas (BRASIL, 2009).

c. Primeira contagem do teste de germinação: realizada conjuntamente com o teste de germinação, obtendo a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a instalação do teste, considerando a média das repetições (BRASIL, 2009).

d. Emergência da plântula: realizada com quatro repetições de 50 sementes por lote, distribuídas em bandejas plásticas (42,0 × 28,0 × 9,5 cm) contendo como substrato areia umedecida com quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção. As caixas foram mantidas em condição ambiente e as avaliações foram realizadas aos quatro e sete dias após a instalação do teste, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

e. Índices de velocidade de germinação da semente (IVG) e de emergência da plântula (IVE): efetuados conjuntamente com os testes de germinação e de emergência da plântula, procedendo a contagem diária do número de plântulas normais. Os índices de velocidade foram calculados pela seguinte fórmula (MAGUIRE, 1962): IVG ou $IVE = \Sigma(n_i/t_i)$, em que n_i é o número de plântulas normais observado em cada contagem e t_i é o número de dias da semeadura a cada contagem.

1.2.1 Cinética da absorção de água pelas sementes de cevada

Para determinar a absorção de água foram utilizadas sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, representadas por um único lote, com germinação superior a 85%, que corresponde à porcentagem mínima estabelecida para a produção e a comercialização das sementes de cevada Certificadas e Não Certificadas (BRASIL, 2013). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 5,0 g de sementes, considerando a hidratação a 15 °C e a 20 °C.

A avaliação da cinética da absorção de água pelas sementes de cevada foi pelo método da imersão em condições de plena disponibilidade de água. As sementes de cada repetição, previamente pesadas (peso inicial), foram colocadas em sacos de filó e acondicionadas no interior de béqueres (100 mL) contendo água destilada em quantidade suficiente para cobrir as sementes. Para a aeração de cada béquer, uma mangueira foi colocada e conectada a um compressor (bomba de aquário - modelo SC 3500, potência 2,5 W, pressão 0,012 MPa). Estes recipientes foram tampados com papel alumínio, para evitar perdas de água por evaporação, e, em seguida, foram mantidos em câmaras BOD, reguladas a 15 °C ou a 20 °C e sem luz (Figura 1.1).

Para monitorar a absorção da água pelas sementes foram realizadas avaliações, em intervalos de 60 minutos, até a emissão da raiz primária. As análises foram realizadas durante os períodos de 20 horas e de 23 horas, respectivamente, a 20 °C e a 15 °C. Ao final de cada período as sementes foram retiradas dos recipientes, secas superficialmente e pesadas, as que emitiram raiz foram registradas, e colocadas novamente nas câmaras BOD.

O teor de água inicial das sementes foi obtido por meio do método da estufa a 105 °C \pm 3 °C, e a cada pesagem, utilizando os valores do peso total das sementes, foi possível calcular o teor de água em função do teor inicial. A quantidade de água absorvida foi calculada pela seguinte fórmula: $TA = ((P_f - P_i)/P_i) \times 100$. Em que, TA é a quantidade da água absorvida (%), P_i é o peso inicial das sementes (g) e P_f é o peso final das sementes em cada tempo (g). Os

valores obtidos com a determinação do teor de água foram utilizados para estabelecer a cinética da absorção de água pelas sementes de cevada.

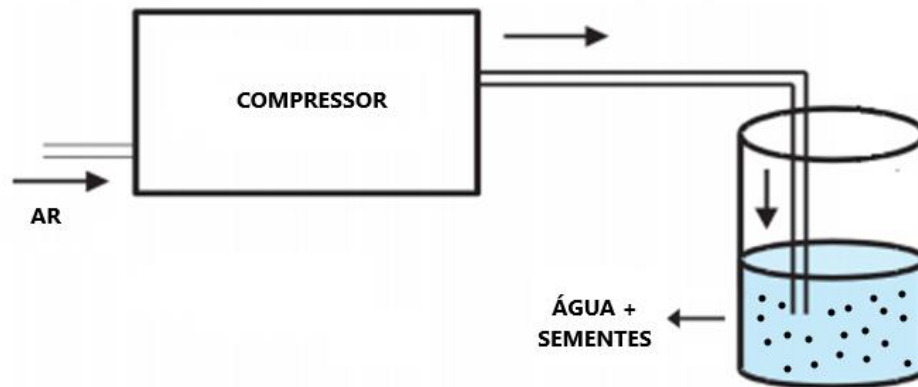


Figura 1.1 - Modelo esquemático do procedimento utilizado para a hidratação das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, visando determinar a cinética da absorção de água. Adaptado de Nascimento (2004).

1.2.2 Aplicação do *priming* para as sementes de cevada

As sementes de cevada utilizadas foram as da cultivar BRS Cauê, representadas por quatro lotes, previamente selecionados de acordo com o vigor, sendo os lotes 1 e 2 considerados como os menos vigorosos e os lotes 3 e 4 como os mais vigorosos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e em esquema fatorial $2 \times 9 + 1$ (duas temperaturas (15 °C e 20 °C), nove potenciais hídricos utilizados para o *priming* e um controle (sem *priming*)). Para o procedimento, as sementes de cevada foram imersas em água destilada (0 MPa) e em soluções -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4 MPa de polietileno glicol (PEG 6000), correspondendo aos diferentes níveis de potencial hídrico.

Para o preparo das soluções osmóticas a quantidade de PEG 6000 a ser utilizada para obter os potenciais hídricos respectivos, foi determinada segundo a tabela de concentração de PEG, em função da temperatura e do potencial osmótico, indicada por Vilella, Doni Filho e Sequeira (1991). Após a pesagem da quantidade de PEG requerida para cada potencial (Tabela 1.1), o soluto foi dissolvido em água destilada até que a solução apresentasse aspecto homogêneo, sem a presença de sólidos em suspensão.

Para a aplicação da técnica do *priming*, 30,0 g de sementes de cevada, com teor de água inicial predeterminado pelo método da estufa a $105 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$, foram colocados em sacos de filó no interior de béqueres (100 mL), contendo água destilada ou soluções de PEG 6000,

em quantidade suficiente para cobrir as sementes e com aeração, conforme descrito anteriormente.

Tabela 1.1 - Concentrações de polietileno glicol (PEG 6000) utilizadas para o preparo das soluções do *priming*, visando a obtenção dos diferentes níveis de potencial hídrico (-0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4 MPa) em função da temperatura empregada (15 °C e 20 °C). Adaptado de Vilella, Doni Filho e Sequeira (1991).

Potencial hídrico (MPa)	Concentração (g PEG L ⁻¹ de água)	
	15 °C	20 °C
-0,1	67,206	72,482
-0,2	105,644	112,232
-0,4	161,300	169,425
-0,6	204,450	213,640
-0,8	240,979	251,028
-1,0	273,237	284,021
-1,2	302,442	313,881
-1,4	329,327	341,360

Durante a hidratação as sementes foram pesadas em balança digital de precisão (0,001 g), em intervalos de 60 minutos até que atingissem 30,0% de água, conforme estabelecido na avaliação da cinética da absorção de água como suficiente para evitar a protrusão da raiz primária. Portanto, cada tratamento exigiu um período de hidratação específico, em função das diferenças de potencial hídrico das soluções (Tabela 1.2).

Logo após o *priming*, com as soluções de PEG 6000, as sementes foram lavadas em água corrente, para a remoção dos resíduos. Em seguida, foram secas em estufa a 30 °C com circulação de ar até que atingissem quantidade de água similar à inicial, antes do *priming*.

Posteriormente à secagem, as sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, à germinação, à primeira contagem de germinação, à emergência da plântula e aos índices de velocidade de germinação da semente e de emergência da plântula, visando a caracterização da qualidade das sementes.

Os resultados obtidos para as sementes dos quatro lotes considerados foram avaliados de forma separada. Para a análise estatística, os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os níveis do fator quantitativo foram testados pela análise de regressão, verificando a significância do maior grau do polinômio e apresentados na forma de figuras, utilizando o *software* R e o ambiente RStudio (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

Tabela 1.2 - Tempo aproximado (horas) para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, atingirem 30,0% de água, em função da temperatura e do potencial hídrico da solução utilizada para a realização do *priming*.

Potencial hídrico (MPa)	Tempo de hidratação (horas)	
	15 °C	20 °C
0	7	5
-0,1	9	6
-0,2	10	7
-0,4	11	8
-0,6	12	9
-0,8	13	10
-1,0	14	11
-1,2	15	12
-1,4	16	13

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Cinética da absorção de água pelas sementes de cevada

Os resultados da avaliação da absorção de água pelas sementes de cevada indicaram que o processo foi similar ao padrão trifásico apresentado por Bewley et al. (2013), embora não tenha havido o aumento da absorção de água no início da fase III (Figura 1.2), como obtiveram estes pesquisadores.

As sementes de cevada tinham 9,9% de água quando iniciaram o processo de absorção. Comparando as diferentes temperaturas de hidratação, a 15 °C, nas primeiras 5 horas, a absorção foi rápida e as sementes atingiram em torno de 29,0% de água, sendo 12,0% na primeira hora e com ganhos entre 1,5% e 2,0% em cada hora de hidratação, durante o período compreendido entre 2 e 5 horas (Figura 1.2). Segundo Bewley e Black (1982), em poucas horas, a semente completa a fase I, atingindo entre 35,0% e 40,0% de água para as sementes dicotiledôneas e 25,0% e 30,0% para as sementes monocotiledôneas. Entre 5 e 21 horas, a quantidade de água absorvida por hora pelas sementes de cevada foi inferior, em torno de 1,0%. A visualização da emissão da raiz primária foi com 21 horas de hidratação, quando as sementes tinham 38,0% de água.

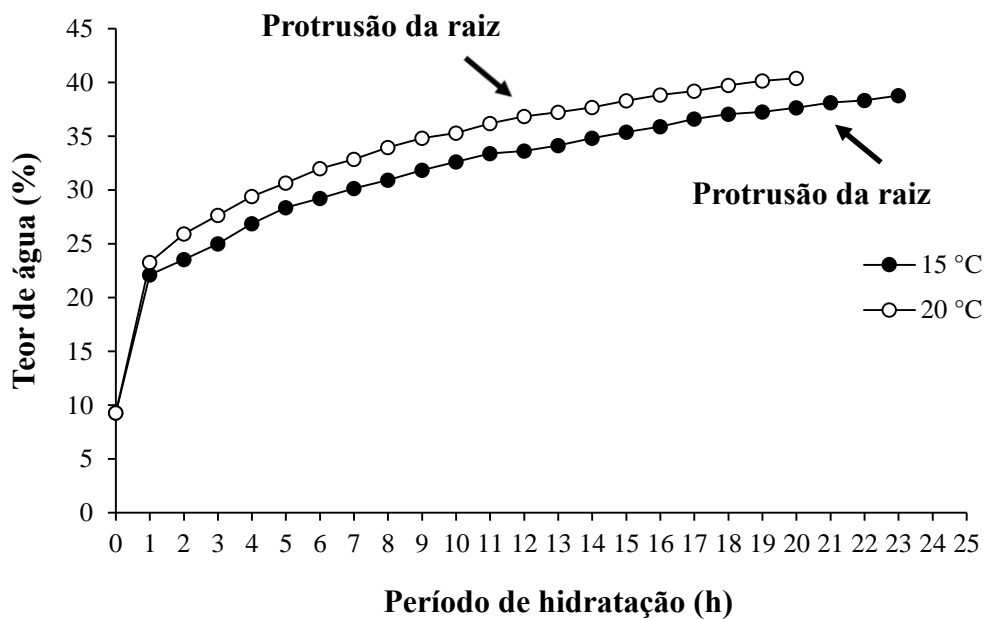


Figura 2.1 - Cinética da absorção de água pelas sementes de cevada, cultivar BRS Cauê.

No entanto, considerando a temperatura de 20 °C, no início da fase III não houve também aumento significativo da quantidade de água absorvida pelas sementes (Figura 2.1). A hidratação nas primeiras 7 horas foi rápida e o teor de água atingido pelas sementes foi de cerca de 33,0%, sendo que após uma hora tinham absorvido 14,0%, com acréscimos entre 1,5% e 3,0% de água em cada hora de hidratação entre 2 e 7 horas. A seguir, ocorreu um período de 7 a 12 horas em que a absorção de água foi lenta, o que corresponderia à fase intermediária, como descrito por Bewley et al. (2013), e após 12 horas de hidratação, pode ser visualizada a emissão da raiz primária, quando as sementes tinham 38,0% de água, aproximadamente.

Nesta pesquisa, na temperatura de 20 °C as sementes absorveram mais água em relação a 15 °C, com velocidade superior e com a emissão da raiz primária num período de tempo menor, uma vez que a temperatura tem influência na absorção. A temperatura de 20 °C, provavelmente, reduziu a viscosidade da água e aumentou a energia cinética, favorecendo a hidratação e a velocidade das reações bioquímicas, que regulam o metabolismo necessário para o início da germinação das sementes, interferindo, desta forma, na velocidade do processo conforme afirmaram Carvalho e Nakagawa (2012).

Além disso, de acordo com os dados obtidos foi possível definir que o teor de água máximo atingido pelas sementes, sem que houvesse a protrusão da raiz primária, foi de 30,0%, o que permite definir o nível de hidratação para o *priming* das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê. O tempo necessário para que esta porcentagem fosse obtida ocorreu após 5 e 7 horas de absorção da água pelas sementes, respectivamente, nas temperaturas de 20 °C e 15 °C.

1.3.2 Aplicação do *priming* para as sementes de cevada

Os dados médios decorrentes das avaliações relacionadas à utilização do *priming* para as sementes de cevada não indicaram variações estatísticas significativas quanto à germinação das sementes (Tabela 1.4) e à emergência da plântula (Tabela 1.5). No entanto, a análise da variância revelou significância pelo teste F, a 5% de probabilidade, para as variáveis, primeira contagem de germinação (Figura 1.3) e para os índices de velocidade de germinação das sementes (Figura 1.4) e emergência da plântula (Figura 1.5), e a partir destes resultados foram realizadas as respectivas análises de regressão. Portanto, foi possível verificar a interferência positiva do *priming*, uma vez que possibilitou o aumento da velocidade de germinação e de emergência da plântula o que, em determinadas condições de ambiente, poderá favorecer a implantação de áreas de cultivo da cevada devido à redução do tempo de exposição das sementes à ocorrência das doenças, à falta da água, à salinidade ou às temperaturas limitantes.

As sementes ao final do *priming* apresentaram teor de água variando entre 29,8% e 30,8% e após a secagem as sementes tinham menos do que 13,0% de água (Tabela 1.3), considerado adequado para a conservação (MINELLA, 2013).

A utilização da técnica do *priming* não interferiu significativamente na porcentagem de germinação das sementes dos quatro lotes analisados (Tabela 1.4). De modo geral, em condições que possibilitam uma hidratação mais rápida, como a imersão, a água penetra a partir da periferia da semente, causando aumento do volume das células, enquanto os tecidos internos permanecem mais secos, o que resulta em diferenças significativas de tensão entre estas camadas e, como consequência, podem ocorrer trincas nos tecidos internos e exsudação do conteúdo celular (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). No entanto, de acordo com os resultados obtidos, as metodologias utilizadas para aplicação do *priming* não causaram efeitos negativos para a germinação das sementes de cevada.

Além disso, a temperatura de hidratação das sementes também não influenciou a porcentagem final de germinação. Após a aplicação do *priming*, a 15 °C e a 20 °C, não foram verificadas variações significativas entre as porcentagens de germinação destas sementes e as do controle. Resultados similares foram obtidos em relação à emergência da plântula, uma vez que não houve variações estatísticas significativas, entre os resultados do controle e os relacionados aos diferentes potenciais hídricos e as temperaturas do *priming* (Tabela 1.5). Isto ocorre porque, em condições ambientais adequadas, alterações na porcentagem de germinação das sementes submetidas ou não ao *priming* não devem ser esperadas, pois as sementes não são regeneradas por meio da aplicação desta técnica.

Tabela 1.3 - Valores médios do teor de água obtidos após o *priming* e após a secagem das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Teor de água (%) – Após o <i>priming</i>								
	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4		
	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C	
Controle		9,2		9,2		9,2		9,1	
0	30,7	30,3	30,7	30,7	30,8	30,1	30,2	30,1	
-0,1	30,7	29,8	30,8	29,8	30,0	30,2	30,0	29,8	
-0,2	30,7	30,8	30,6	30,5	30,6	30,5	30,7	30,3	
-0,4	30,1	30,2	29,9	30,2	30,2	30,6	30,2	30,0	
-0,6	30,5	30,5	30,1	30,4	30,5	30,5	30,5	30,8	
-0,8	30,6	30,8	30,0	30,3	30,5	30,2	30,6	29,8	
-1,0	29,8	30,0	30,3	30,5	30,0	30,5	30,3	30,6	
-1,2	30,0	30,8	30,1	30,3	30,3	30,4	30,8	30,2	
-1,4	29,8	30,4	30,6	30,9	29,9	30,2	29,9	30,5	
	Teor de água (%) – Após a secagem*								
0	12,5	12,2	12,2	12,2	12,2	12,5	12,3	12,1	
-0,1	12,7	12,1	12,0	12,1	12,4	12,8	12,4	12,0	
-0,2	12,2	12,2	12,0	12,1	12,2	12,3	12,2	12,1	
-0,4	12,3	12,1	12,4	12,5	12,3	12,2	12,2	12,4	
-0,6	12,1	12,4	12,0	12,1	12,2	12,0	12,3	12,5	
-0,8	12,6	12,2	11,9	12,4	11,9	12,3	12,8	12,4	
-1,0	12,4	12,4	12,0	12,4	12,0	12,2	12,5	12,4	
-1,2	12,5	12,6	12,4	12,3	12,6	12,7	12,3	12,2	
-1,4	12,6	11,9	12,4	12,6	12,7	12,4	12,7	12,7	

*Secagem em estufa a 30 °C com circulação de ar.

Tabela 1.4 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Germinação (%) ^{ns}							
	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4	
	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C
Controle	86	86	86	86	93	93	95	95
0	87	87	89	86	95	97	97	96
-0,1	87	87	88	86	97	95	97	94
-0,2	87	87	88	86	96	96	96	97
-0,4	88	87	86	87	97	94	97	95
-0,6	87	86	88	87	95	97	98	91
-0,8	86	86	88	86	94	96	97	94
-1,0	87	86	87	87	95	91	98	95
-1,2	86	86	86	84	92	95	95	98
-1,4	86	86	88	86	96	95	95	93
CV (%)	2,19		2,59		2,49		2,58	

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

Tabela 1.5 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de emergência da plântula para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Emergência da plântula (%) ^{ns}							
	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4	
	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C
Controle	90	90	91	91	96	96	99	99
0	92	90	92	90	97	97	97	97
-0,1	91	90	89	90	97	95	98	97
-0,2	91	91	92	92	98	97	99	97
-0,4	90	89	91	90	96	96	98	97
-0,6	91	91	91	91	96	97	97	96
-0,8	91	90	92	90	97	96	97	98
-1,0	91	90	90	91	98	97	96	99
-1,2	90	91	90	91	96	96	99	98
-1,4	90	91	90	92	98	96	98	98
CV (%)	3,10		2,08		3,15		1,84	

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

Por outro lado, quando foram analisados os resultados da primeira contagem de germinação (Figura 1.3) e dos índices de velocidade de germinação das sementes (Figura 1.4) e de emergência da plântula (Figura 1.5), em função dos potenciais hídricos utilizados para o *priming*, as médias, em geral, foram estatisticamente superiores as do controle. Portanto, não ocorreu variação nos resultados da porcentagem de germinação das sementes e emergência da plântula, mas houve quanto à velocidade do processo.

Os dados médios de germinação na primeira contagem indicaram que, para as sementes dos lotes 1 e 2, o *priming* promoveu incrementos significativos na porcentagem de plântulas normais na primeira contagem em comparação ao controle (Figura 1.3), sendo os maiores valores absolutos obtidos com o procedimento realizado em água e em soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG. A equação de regressão polinomial cúbica foi adequada para descrever a variação dos dados a 15 °C, com coeficientes de determinação de 0,65 e 0,66 para os lotes 1 e 2, respectivamente. No entanto, a 20 °C, a equação quadrática foi a que possibilitou o ajuste mais adequado para os dados obtidos para as sementes dos lotes 1 ($R^2 = 0,71$) e 2 ($R^2 = 0,61$).

Apesar disso, para as sementes dos lotes 3 e 4, não houve diferenças estatísticas significativas entre os resultados decorrentes da utilização do *priming*, tanto com a água como com o PEG (Tabela 1.6). Há controvérsias quanto à influência das variações fisiológicas das sementes para a utilização do *priming*. Estas divergências podem estar relacionadas às diferenças no procedimento adotado, pois, se o *priming* tem o objetivo de acelerar e uniformizar a germinação das sementes componentes de um lote, seria difícil conseguir aumentar a velocidade de germinação de sementes já consideradas como vigorosas, como é o caso das sementes dos lotes 3 e 4. Desta maneira, predominam na literatura efeitos favoráveis para as sementes que têm vigor intermediário, mesmo quando a germinação é alta e superior à mínima estabelecida para a comercialização (FESSEL; VIEIRA; RODRIGUES, 2002), como foram verificados nos resultados relacionados às sementes dos lotes 1 e 2.

Entretanto, ao considerar o índice de velocidade de germinação, a aplicação do *priming* causou aumentos significativos da velocidade de germinação das sementes de cevada de todos os lotes avaliados (Figura 1.4), sendo que a equação de regressão polinomial cúbica foi a mais adequada para o ajuste da variação dos dados para as duas temperaturas utilizadas, com coeficientes de determinação variando de 0,53 a 0,87. Em geral, o *priming* favorece a mobilização das substâncias de reserva utilizadas para a germinação (BRADFORD, 1986). A concentração dos componentes mobilizados promove a redução do potencial hídrico das sementes, facilitando a absorção de água quando são expostas, posteriormente, à reidratação e possibilitando assim uma rápida germinação (BRADFORD, 1986).

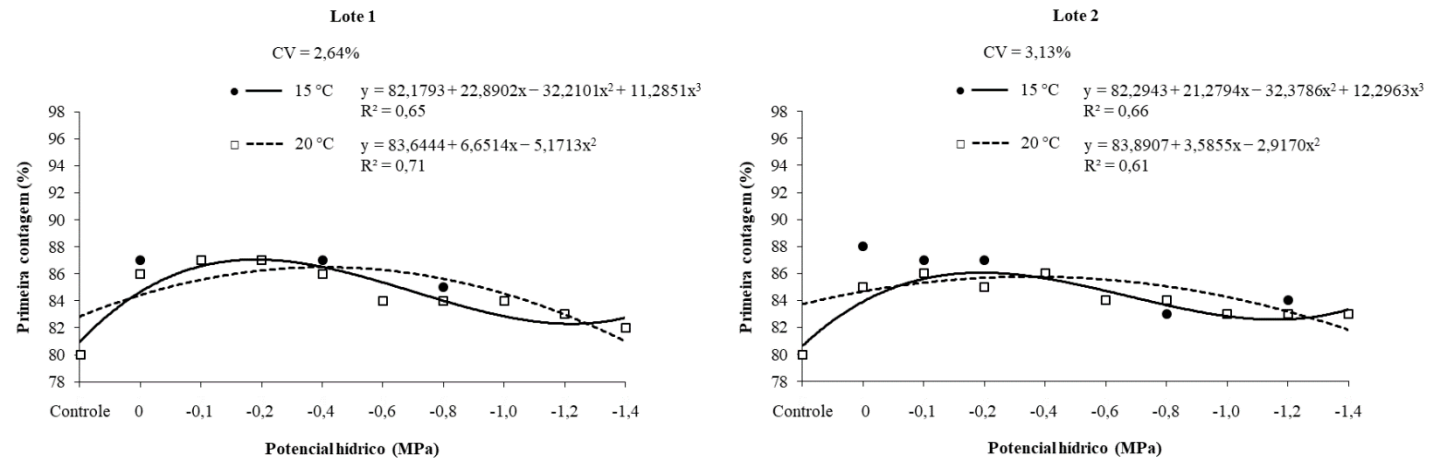


Figura 1.3 - Valores médios de plântulas normais obtidos na primeira contagem do teste de germinação para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Tabela 1.6 - Valores médios de plântulas normais obtidos na primeira contagem do teste de germinação para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Primeira contagem (%) ^{ns}			
	Lote 3		Lote 4	
	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C
Controle	91	91	94	94
0	95	94	97	96
-0,1	95	93	96	94
-0,2	96	91	95	95
-0,4	95	95	96	94
-0,6	94	91	96	91
-0,8	94	93	95	94
-1,0	94	91	95	94
-1,2	91	91	94	95
-1,4	93	91	94	93
CV (%)	3,09		2,59	

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

Pelos resultados do índice de velocidade de emergência da plântula foram observados também os efeitos benéficos do *priming* (Figura 1.5). A 15 °C, a equação de regressão cúbica foi a que melhor ajustou os dados, com coeficientes de determinação de 0,84; 0,65; 0,77 e 0,86 para os lotes 1, 2, 3 e 4, respectivamente. No entanto, a 20 °C, o efeito do *priming* apresentou relação quadrática para a velocidade de emergência da plântula, com coeficientes de determinação de 0,68; 0,69; 0,66 e 0,71 para os lotes 1, 2, 3 e 4, respectivamente. De modo geral, as sementes após o *priming* com água e com soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG apresentaram resultados cujos valores absolutos foram superiores em relação aos do controle. A emergência mais rápida da plântula é benéfica, pois permite que as sementes permaneçam expostas, durante período reduzido, a possíveis condições ambientais adversas favorecendo o desenvolvimento mais rápido das plântulas, com vantagens na competição com as plantas invasoras (KHAN et al., 1976).

Com relação à temperatura para a hidratação, é possível verificar que o *priming* das sementes a 15 °C, com água e com as soluções de PEG 6000, favoreceu a velocidade da germinação em relação a 20 °C (Figura 1.4), sendo que a temperatura de 15 °C apresentou os maiores valores absolutos. Resultados semelhantes foram obtidos por Bodsworth e Bewley (1981), em sementes de cevada, demonstrando que a hidratação mais lenta, após o *priming* com

soluções -0,5 MPa a -1,0 MPa de PEG a 10 °C, favoreceu a uniformidade e a germinação foi mais rápida. Isto sugere que o maior tempo das sementes de cevada na fase intermediária do padrão trifásico de hidratação, durante o processo do *priming*, permite o início de eventos metabólicos pré-germinativos, que beneficiam a germinação posterior (BRAY, 1995).

No entanto, não houve diferenças significativas entre as temperaturas utilizadas ao considerar os dados médios obtidos na primeira contagem de germinação (Figura 1.3 e Tabela 1.6) e no índice de velocidade de emergência da plântula (Figura 1.5). Apesar disso, as temperaturas próximas de 15 °C são as indicadas para o *priming* porque diminuem o metabolismo das sementes, inibindo a germinação e a ocorrência de microrganismos durante o processo (NASCIMENTO, 1998).

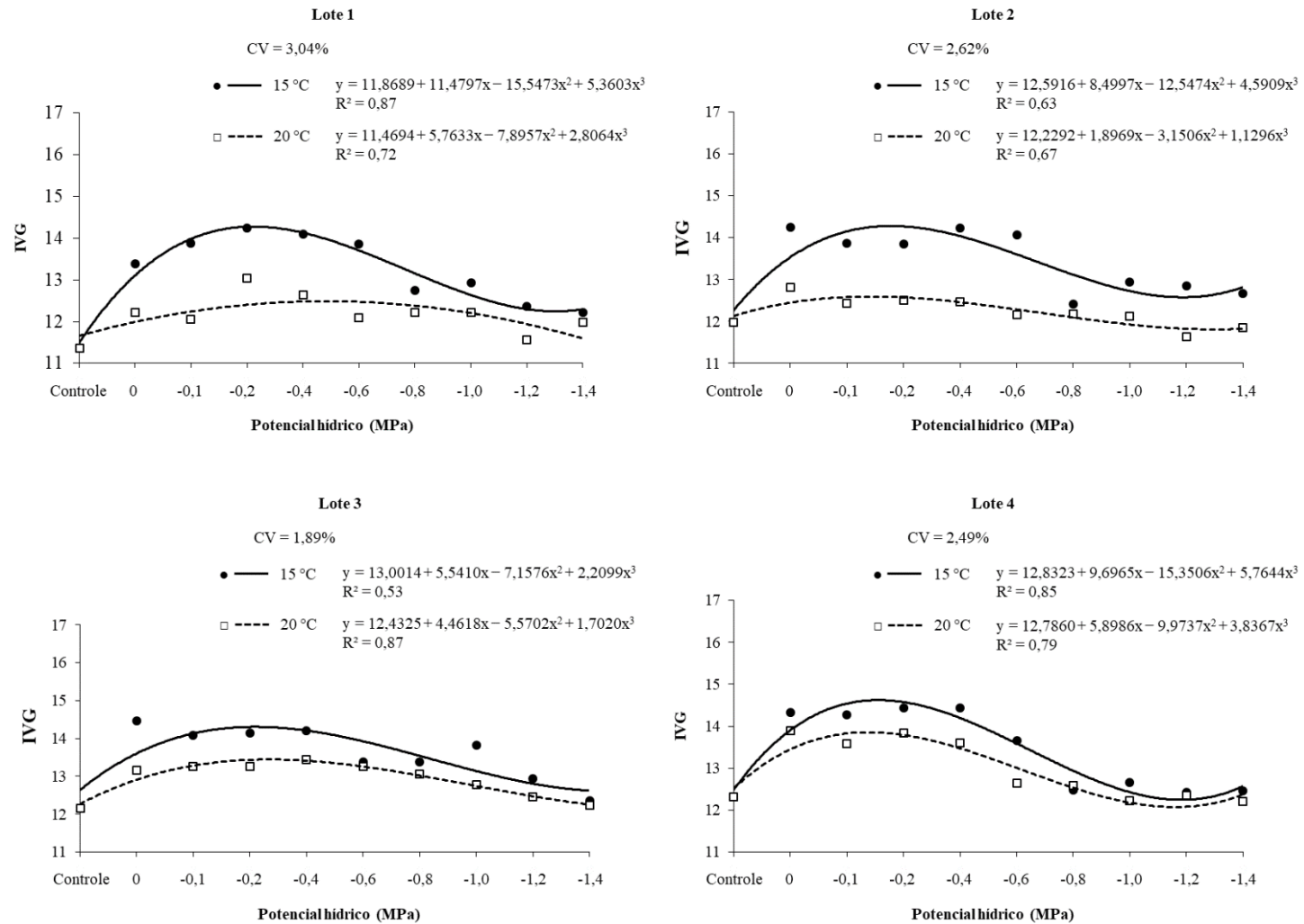


Figura 1.4 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

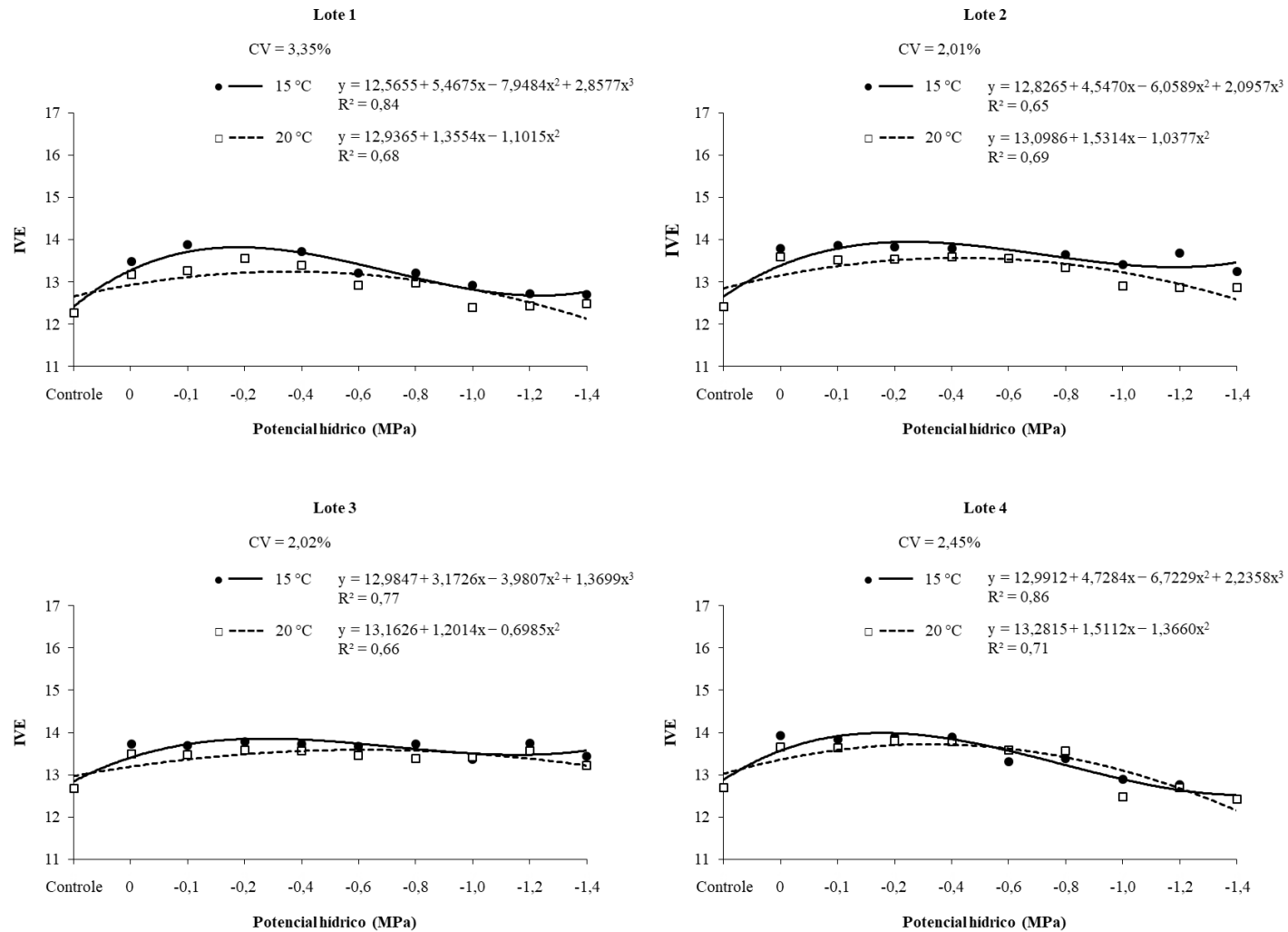


Figura 1.5 - Valores médios do índice de velocidade de emergência da plântula (IVE) obtidos para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming*, a 15 °C e a 20 °C, por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

1.4 CONCLUSÕES

As sementes de cevada absorvem água de forma similar ao padrão trifásico da hidratação, no entanto, não há pronunciado aumento na absorção de água no início da fase III.

A emissão da raiz primária não ocorre quando as sementes têm até 30,0% de água, o que possibilita a utilização deste teor de água para o *priming*.

A hidratação das sementes de cevada a 15 °C por imersão em água destilada ou nas soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 é mais adequada para o *priming*.

Após o *priming* há aumentos significativos da velocidade de germinação das sementes e de emergência das plântulas de cevada.

REFERÊNCIAS

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. v. 2, 375 p.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Nova York: Springer, 2013. 392 p.

BODSWORTH, S.; BEWLEY, J. D. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. **Canadian Journal of Botany**, v. 59, n. 5, p. 672-676, 1981.

BRADFORD, K. J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, v. 21, n. 5, p. 1105-1112, 1986.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa n.º 45 de 17 de setembro de 2013**. Padrões para produção e comercialização de sementes de cevada. Diário oficial da União, n. 181, Seção 1, p. 6, 2013.

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

BRAY, C. M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker Inc., 1995. p. 767-789.

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

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; RODRIGUES, T. J. D. Germinação de sementes de alface submetidas a condicionamento osmótico durante o armazenamento. **Scientia Agricola**, v. 34, n. 1, p. 73-74, 2002.

KHAFAGY, M. A.; MOHAMED, Z. A. A. H.; FAROUK, S.; AMRAJAA, H. K. Effect of pre-treatment of barley grain on germination and seedling growth under drought stress. **Advances in Applied Sciences**, v. 2, n. 3, p. 33-42, 2017.

KHAN, A. A.; BRAUN, J. W.; TAO, K. L.; MILLIER, W. F.; BENSIN, R. F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. **Journal of Seed Technology**, v. 1, n. 2, p. 33-57, 1976.

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

MINELLA, E. (Ed.) **Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2013 e 2014**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2013. 107 p. (Sistemas de Produção 7).

NASCIMENTO, W. M. **Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2004. 12 p. (Circular Técnica, 33).

NASCIMENTO, W. M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura brasileira**, v. 16, n. 2, p. 106-109, 1998.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

TABATABAEI, S. A. Effect of osmopriming on germination and enzyme activity in barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds under drought stress conditions. **Journal of Stress Physiology and Biochemistry**, v. 9, n. 4, p. 25-31, 2013.

VILELLA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

CAPÍTULO 2 - *PRIMING* E QUALIDADE DE SEMENTES DE CEVADA DURANTE O ARMAZENAMENTO

RESUMO

Considera-se que uma das desvantagens do *priming* pode ser a redução do potencial de armazenamento das sementes, uma vez que durante a aplicação desta técnica as reservas são desdobradas em substâncias mais simples e isto pode acelerar o processo de deterioração quando as sementes são armazenadas em condições inadequadas. Assim, o objetivo desta pesquisa foi verificar a interferência do *priming* nos parâmetros fisiológico e sanitário das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, durante o armazenamento. Para tanto, as sementes foram submetidas ao *priming* a 15 °C por imersão em água (0 MPa) e em soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de polietileno glicol (PEG 6000). Posteriormente, as sementes foram secas em estufa a 30 °C com circulação de ar e armazenadas a 17 °C e 50% de umidade relativa do ar por seis meses. As sementes foram analisadas em intervalos trimestrais (início e aos três e seis meses) quanto ao teor de água, ao peso de mil sementes, à viabilidade (germinação da semente e emergência da plântula), ao vigor (primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, comprimento da raiz primária da plântula e índices de velocidade de germinação da semente e de emergência da plântula) e à sanidade (incidência dos fungos). Foi possível constatar que o *priming* favorece o vigor das sementes de cevada, e seus efeitos são mantidos ao longo do período de seis meses de armazenamento em condições controladas de ambiente. Os principais fungos associados às sementes de cevada são os das espécies *Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria alternata*, *Fusarium graminearum* e *Cladosporium* spp.. No decorrer do armazenamento, há redução na incidência destes microrganismos, não interferindo diretamente na qualidade das sementes de cevada após o *priming*.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare* L.; água destilada; soluções de polietileno glicol; sanidade.

CHAPTER 2 - PRIMING AND BARLEY SEEDS QUALITY DURING STORAGE

ABSTRACT

It is considered that one of the disadvantages of priming may be the reduction of seed storage potential, since during the application of this technique the reserves are deployed in simpler substances and this may accelerate the deterioration process when seeds are stored under inadequate conditions. Thus, the objective of this research was to verify the interference of priming in the physiological and sanitary parameters of barley seeds, BRS Cauê cultivar, during storage. For this, the seeds were subjected to priming by immersion in water (0 MPa) and polyethylene glycol (PEG 6000) solutions -0.1, -0.2 and -0.4 MPa at 15 °C. Subsequently, the seeds were dried in an air circulation oven at 30 °C and stored at 17 °C and 50% relative humidity for six months. The seeds were analyzed at quarterly intervals (beginning and at three and six months) for moisture content, weight of a thousand seeds, viability (seed germination and seedling emergence), vigor (first count germination, accelerated aging, primary root length, germination speed index and emergence speed index) and sanity (health test). It was possible to verify that the priming favors the vigor of the barley seeds, and its effects are maintained throughout the six months of storage under controlled environment conditions. The main fungi associated with barley seeds are *Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria alternata*, *Fusarium graminearum* and *Cladosporium* spp.. During storage, there is reduction in the incidence of these microorganisms, not directly interfering in barley seeds quality after priming.

Key words: *Hordeum vulgare* L.; distilled water; polyethylene glycol solutions; sanity.

2.1 INTRODUÇÃO

A cultura da cevada vem se destacando no cenário nacional devido a sua ampla capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas (AMABILE; FALEIRO, 2014). No entanto, a produção brasileira de sementes deste cereal não é ainda suficiente para atender a demanda para a elaboração do malte, sendo necessária a importação, o que desencadeia, a necessidade do desenvolvimento de técnicas que favoreçam a qualidade das sementes, visando auxiliar a expansão e a fixação dos cultivos de cevada como alternativa agrônômica e econômica no país (AMABILE; FALEIRO, 2014).

Uma das maneiras de sincronizar e reduzir o tempo de germinação das sementes e de emergência da plântula, particularmente em condições adversas de ambiente, é utilizando técnicas como o *priming*. No entanto, uma das desvantagens do *priming* é a redução do potencial de armazenamento das sementes (DEMIR et al., 2005).

Após a aplicação desta técnica as sementes têm mais água e podem ser secas para facilitar a semeadura e possibilitar o armazenamento. Esta transição da semente entre um estado hidratado próximo da protrusão da raiz primária e outro com baixo teor de água pode afetar a germinação e o vigor, e pode haver reversão dos benefícios do *priming* (DEMIR et al., 2005). Garcia, Jiménez e Vasquez-Ramos (1995) estudaram o efeito da secagem após o *priming* (-1,5 MPa de PEG durante 8 dias) para a germinação das sementes de milho e relataram que não houve reversão dos efeitos benéficos proporcionados por esta técnica. Por outro lado, Franzin et al. (2007) verificaram que a secagem das sementes de arroz, após o *priming*, pode ser realizada até 17% de água, sem prejuízos da qualidade fisiológica; entretanto, a redução até 13% anula os benefícios do procedimento, prejudicando o vigor das sementes.

Há relatos ainda indicando a possibilidade da ocorrência de reversão dos efeitos do *priming* não só após a secagem subsequente das sementes, mas também durante o período de armazenamento (DREW; HANDS; GRAY, 1997; NASCIMENTO, 2002). Pallaoro et al. (2016) estudando o *priming* em sementes de milho (água e solução -0,4 MPa de PEG) associado com o uso de reguladores vegetais, observaram redução dos efeitos benéficos deste procedimento durante o período de 30 dias de armazenamento. Basso (2014) relatou que as condições de armazenamento, após o *priming* (solução -1,0 MPa de PEG por 18 horas) influenciaram o potencial fisiológico das sementes de milho doce; neste estudo foi observado que as sementes submetidas ao *priming* apresentaram redução na qualidade ao longo do período

de seis meses de armazenamento, tanto em ambiente natural quanto em câmara fria (10,4 °C e 57,2% de UR do ar).

Entretanto, Oliveira et al. (2007) constataram que o *priming* (soluções -1,0 MPa e -1,2 MPa de PEG durante 3, 5 e 7 dias a 25 °C entre folhas de papel) favoreceu a germinação e o vigor das sementes de milho doce, armazenadas por seis meses. E Hanson (1973) verificou para as sementes de trigo que o efeito do *priming* (água destilada a 15 °C no escuro) permaneceu estável durante, pelo menos, quatro semanas de armazenamento em condições ambientais não controladas.

Portanto, o ambiente de armazenamento deve ser o mais favorável possível para a manutenção da baixa atividade metabólica das sementes, com temperaturas de 15 °C ou inferiores e baixa umidade relativa do ar. Uma vez que, no *priming*, as reservas são desdobradas em substâncias mais simples o que pode acelerar o processo de deterioração das sementes, quando armazenadas em condições desfavoráveis, em comparação às sementes não submetidas a esta técnica, em que as reservas ainda não foram mobilizadas (HILL et al., 2007).

Além disso, durante o período de armazenagem, outro fator que pode afetar a qualidade das sementes após o *priming* é a incidência de microrganismos patogênicos. Dentre os patógenos transmitidos pelas sementes de cevada, os fungos constituem o grupo mais importante, com destaque para *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., *Drechslera teres* (Sacc.) Shoem., *Fusarium graminearum* Schwabe e *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc., sendo agentes causais das principais doenças que afetam este cereal no Brasil (BARBA; REIS; FORCELINI, 2002). Além destas espécies fúngicas, Luz (1982) relata ainda a incidência de *Alternaria* spp., *Septoria nodorum*, *Fusarium* spp., *Ustilago* spp., *Cladosporium* sp., *Epicoccum* sp., *Phoma* sp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp.

Bipolaris sorokiniana, forma anamórfica de *Cochliobolus sativus* (Ito & Kurib.) Drech. ex Dastur, é considerado como um dos patógenos mais importantes para a cultura da cevada. O fungo pode infectar as espigas causando a descoloração e o escurecimento na ponta dos grãos e, conseqüentemente, a diminuição no rendimento e na qualidade da semente e do malte (ARIAS, 1995). As cultivares de cevada atualmente indicadas para a semeadura, como a BRS Cauê, são suscetíveis à *B. sorokiniana*, o que torna necessária a adoção de medidas de controle eficientes para evitar a ocorrência de prejuízos significativos (EMBRAPA, 2005).

Desta forma, há a necessidade de atenção para a sanidade das sementes após a aplicação da técnica do *priming*, já que, a hidratação, além de favorecer diretamente o desenvolvimento dos microrganismos, pode promover a liberação de exsudatos que estimulam

sua atividade (SHORT; LACY, 1976). Ruan, Xue e Tylkawska (2002), detectaram acréscimos na incidência de *Alternaria* spp. e de *Stemphylium* spp. em sementes de arroz após o *priming*, inibindo os efeitos benéficos deste procedimento. Por outro lado, devido ao aumento na velocidade de emergência da plântula em campo, conferido pela aplicação desta técnica, pode haver redução dos efeitos dos microrganismos causadores de tombamento, como os dos gêneros *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* e *Fusarium* (AGRIOS, 1988).

Assim, o objetivo desta pesquisa foi verificar a interferência do *priming* nos parâmetros fisiológico e sanitário das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, durante o período de seis meses de armazenamento.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, produzidas no ano agrícola de 2016. As sementes, em quatro repetições de 200,0 g para cada lote, foram submetidas ao *priming* por imersão em água destilada (0 MPa) ou em soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de polietileno glicol (PEG 6000) por períodos de 7, 9, 10 e 11 horas, respectivamente, a 15 °C. Cada potencial hídrico foi considerado um tratamento e como controle foram usadas sementes em que não foi aplicada a técnica do *priming*. As concentrações de PEG empregadas no preparo das soluções dos diferentes potenciais hídricos foram definidas em função da temperatura, de acordo com Villela, Doni Filho e Sequeira (1991).

Após a determinação do teor de água inicial, as sementes foram colocadas em sacos de filó e submersas em béqueres (1 L) contendo água destilada ou as soluções de PEG 6000, em quantidade suficiente para cobri-las. Em cada béquer foi fixada uma mangueira conectada a um compressor (bomba de aquário - modelo SC 3500, potência 2,5 W, pressão 0,012 MPa), visando a aeração constante das soluções. Os recipientes foram tampados com papel alumínio para evitar perdas de água por evaporação, sendo mantidos em câmara BOD, a 15 °C, no escuro.

Posteriormente, ao término do *priming*, as sementes foram lavadas superficialmente em água corrente, para a remoção dos resíduos das soluções de PEG 6000 e secas com papel de filtro para retirar o excesso de água. Em seguida, as sementes foram submetidas a secagem a 30 °C em estufa com circulação de ar, por 24 horas, quando atingiram teor de água próximo ao teor de água inicial (antes do *priming*). O teor de água atingido pelas sementes secas foi em média de 12,0%.

Após este procedimento, as sementes foram embaladas em sacos de papel kraft e armazenadas a 17 °C e 50% de UR do ar por seis meses. Para determinar a interferência do

priming durante o armazenamento as sementes foram analisadas em intervalos trimestrais (início e aos três e seis meses), conforme a seguir:

a. Teor de água: determinado pelo método da estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, utilizando duas repetições de 5,0 g de sementes para cada lote e tratamento. Os resultados, expressos em porcentagem, foram calculados com base na massa úmida (BRASIL, 2009).

b. Peso de mil sementes: as sementes foram contadas ao acaso, manualmente, utilizando oito repetições de 100 sementes para cada lote e tratamento. Em seguida, as sementes de cada repetição foram pesadas em balança de precisão (0,001 g). Após a pesagem foram calculados a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos. O resultado do peso de mil sementes foi determinado multiplicando por 10 o peso médio das oito repetições, sendo os valores expressos em gramas por 1000 sementes (BRASIL, 2009).

c. Teste de germinação: quatro repetições de 50 sementes para cada lote e tratamento foram distribuídas entre papel umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Os rolos foram mantidos em germinador regulado à temperatura constante de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, na ausência de luz. As avaliações foram efetuadas no quarto e no sétimo dia após a instalação do teste, determinando, na contagem final, a porcentagem média de plântulas normais, anormais e sementes mortas (BRASIL, 2009).

d. Primeira contagem do teste de germinação: obtida conjuntamente com o teste de germinação, registrando a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a instalação do teste (BRASIL, 2009).

e. Emergência da plântula: realizada com quatro repetições de 50 sementes para cada lote e tratamento, semeadas em bandejas plásticas ($42,0 \times 28,0 \times 9,5$ cm) contendo como substrato areia umedecida com quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de retenção. As caixas foram mantidas em condição ambiente e as avaliações foram realizadas aos quatro e sete dias após a semeadura, determinando a porcentagem de plântulas normais emergidas (BRASIL, 2009).

f. Índices de velocidade de germinação da semente (IVG) e de emergência da plântula (IVE): efetuados concomitantemente com os testes de germinação e de emergência da plântula, mediante contagem diária do número de plântulas normais. Os índices de velocidade foram determinados de acordo com a fórmula proposta por MAGUIRE (1962): IVG ou $IVE = \sum(n_i/t_i)$, em que n_i é o número de plântulas normais observado em cada contagem e t_i é o número de dias da semeadura a cada contagem.

g. Envelhecimento acelerado: aproximadamente 20,0 g de sementes de cada lote e tratamento foram dispostas, em camada única, sobre tela de alumínio fixada e suspensa no interior de caixas plásticas adaptadas (11,0 × 11,0 × 3,5 cm). Em cada caixa foram adicionados 40 mL de água destilada para formar uma câmara úmida (100% de UR do ar). Em seguida, as caixas foram fechadas e mantidas em câmara BOD, a 41 °C, durante 72 horas. Após este período de exposição, as sementes foram colocadas para germinar nas mesmas condições descritas para o teste de germinação, computando a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a semeadura. Além disso, foi determinado o teor de água das sementes, para verificar a uniformidade das condições do teste.

h. Comprimento da raiz primária da plântula: conduzido com quatro repetições de dez sementes de cevada semeadas entre papel previamente umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. As sementes foram dispostas em linhas longitudinais traçadas no terço superior do papel, com as extremidades da raiz primária voltadas para a parte inferior do substrato, visando orientar o crescimento das plântulas de forma mais retilínea, para favorecer a mensuração do comprimento. Os rolos foram posicionados verticalmente em germinador regulado à temperatura constante de 20 °C. As avaliações foram realizadas no quarto dia após a instalação do teste, determinando o comprimento da raiz primária das plântulas normais com auxílio de uma régua. Os resultados médios foram expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

i. Teste de sanidade: realizado por meio do método do papel de filtro com congelamento descrito por Limonard (1966), com oito repetições de 25 sementes para cada lote e tratamento. As sementes foram colocadas equidistantes entre si em placas de Petri com 9 cm de diâmetro (25 sementes por placa), sobre três folhas de papel filtro umedecidas em água destilada. Após o plaqueamento, para a hidratação, as sementes foram colocadas, inicialmente, por 24 horas em

câmara de incubação regulada a $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ e em ciclos alternados de luz (12 horas de luz por 12 horas de escuro). Posteriormente, foram submetidas ao congelamento em *freezer* (-20 °C) durante 24 horas. Ao final deste período, as sementes retornaram à câmara de incubação ($22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) por mais cinco dias. Em seguida, foi realizada a identificação dos microrganismos associados às sementes através de observações, em microscópio estereoscópico, com base nas características morfológicas das estruturas dos fungos detectados nas sementes ou, em caso de dúvida, por meio do microscópio óptico. Os dados da incidência dos fungos nas sementes avaliadas foram expressos em porcentagem.

A análise estatística dos dados foi realizada para cada lote, utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×5 , correspondendo a três períodos de armazenamento (início, três e seis meses) e cinco potenciais hídricos utilizados para o *priming* (controle, água destilada (0 MPa) e soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG). Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F, para avaliar a existência de interação entre os fatores envolvidos e, quando significativos foi utilizado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro para comparação das médias e a análise de regressão polinomial para avaliar os efeitos dos potenciais hídricos, determinados por meio do uso do *software* R e o ambiente RStudio (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados médios resultantes das avaliações da aplicação do *priming* para as sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, não indicaram interações significativas entre os potenciais hídricos utilizados e os diferentes períodos de armazenamento quanto ao peso de mil sementes (Tabela 2.2), à germinação das sementes (Tabela 2.3) e à emergência da plântula (Tabela 2.4). Entretanto, foram verificadas interações estatísticas significativas para primeira contagem de germinação (Figura 2.1), envelhecimento acelerado (Figura 2.2), índices de velocidade de germinação das sementes (Figura 2.3) e de emergência da plântula (Figura 2.4), comprimento da raiz primária da plântula (Figura 2.5) e incidência dos fungos (Figuras 2.6, 2.7, 2.8 e 2.9), sendo obtidas as respectivas equações de regressão.

Antes de serem submetidas ao *priming*, as sementes de cevada tinham, em média, 9,2% de água, imediatamente após a aplicação da técnica, os resultados variaram de 30,0% a 30,9% e após a secagem oscilaram entre 11,8% a 12,6% (Tabela 2.1). No início do período de

armazenamento, as sementes submetidas ao *priming* apresentaram mais água em relação ao controle. No entanto, aos três e seis meses de armazenagem, houve redução do teor de água das sementes para todos os lotes e potenciais hídricos considerados. Ocorreram variações de 8,9% a 10,9%, para as sementes armazenadas por três meses, e de 8,7% a 9,2% para as sementes armazenadas por seis meses, o que indica que as sementes atingiram o equilíbrio higroscópico com o ambiente ao longo do armazenamento.

Tabela 2.1 - Valores médios do teor de água das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, obtidos após o *priming* e após a secagem, e quando avaliadas no início e aos três e seis meses de armazenamento.

Potencial hídrico (MPa)	Teor de água (%)				
	Lote 1				
	Após <i>priming</i>	Após secagem*	Armazenamento		
			Início	3 meses	6 meses
Controle	-	-	9,2	9,0	8,9
0	30,6	12,3	12,2	10,8	9,1
-0,1	30,7	12,6	12,4	10,7	9,1
-0,2	30,9	12,1	11,9	10,9	9,0
-0,4	30,0	12,0	11,9	10,5	9,1
Lote 2					
Controle	-	-	9,2	9,0	8,8
0	30,2	12,4	12,2	10,9	9,2
-0,1	30,3	11,8	11,8	10,0	9,1
-0,2	30,9	12,2	11,9	10,0	9,0
-0,4	30,3	12,0	11,9	10,1	9,0
Lote 3					
Controle	-	-	9,2	9,0	8,8
0	30,5	12,5	12,4	10,0	9,1
-0,1	30,4	11,8	11,7	10,2	9,2
-0,2	30,7	12,2	12,3	10,2	9,2
-0,4	30,4	12,1	12,0	10,2	9,2
Lote 4					
Controle	-	-	9,1	8,9	8,7
0	30,1	12,5	12,2	10,7	9,2
-0,1	30,3	11,8	11,6	10,1	9,1
-0,2	30,4	12,1	11,9	10,1	9,1
-0,4	30,6	12,0	11,7	10,9	9,1

*Secagem em estufa a 30 °C com circulação de ar.

O peso de mil sementes dos quatro lotes avaliados, para as sementes submetidas ou não ao *priming*, foi similar (Tabela 2.2), e apesar de terem absorvido água durante o procedimento, esta variação não foi suficiente para exercer efeito significativo no período de

armazenagem. A importância do peso de mil sementes está associada a sua utilização para determinar a densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem, bem como, o peso da amostra de trabalho para a análise de pureza (BRASIL, 2009). No entanto, os resultados indicaram que para a cultivar BRS Cauê, tais parâmetros não seriam afetados.

Tabela 2.2 - Valores médios obtidos para o peso de mil sementes realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Peso de mil sementes (g) ^{ns}		
	Lote 1		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	44,8	44,6	44,4
0	44,9	44,8	44,6
-0,1	45,1	45,0	44,9
-0,2	44,9	44,8	44,5
-0,4	45,1	45,0	44,9
CV (%)	1,40		
	Lote 2		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	44,5	44,5	44,3
0	44,7	44,6	44,4
-0,1	44,8	44,6	44,5
-0,2	44,7	44,5	44,4
-0,4	44,8	44,7	44,7
CV (%)	1,12		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	44,7	44,7	44,5
0	45,0	44,8	44,7
-0,1	45,2	45,1	44,9
-0,2	44,9	44,7	44,6
-0,4	45,1	45,0	45,1
CV (%)	1,14		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	45,0	44,8	44,6
0	45,0	44,8	44,7
-0,1	45,1	44,9	44,7
-0,2	45,1	44,8	44,7
-0,4	45,2	45,0	44,8
CV (%)	1,83		

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

Em relação às avaliações da porcentagem de germinação, realizadas no início e aos três e seis meses de armazenamento, foi constatado que não houve diferenças significativas tanto entre os potenciais hídricos utilizados quanto entre os períodos de armazenagem, nos quatro lotes considerados (Tabela 2.3). Desta forma, os métodos empregados para o *priming* não reduziram o potencial de armazenamento das sementes, pois a porcentagem de germinação permaneceu acima do limite mínimo de 85% estabelecido para produção e comercialização das sementes de cevada (BRASIL, 2013).

Assim como obtido para o teste de germinação, a porcentagem de emergência da plântula não apresentou diferenças significativas entre os resultados obtidos para as sementes com ou sem o *priming* (Tabela 2.4). Alterações na porcentagem de emergência da plântula e de germinação das sementes, após o *priming*, não devem ser esperadas, uma vez que as sementes não são regeneradas por meio da aplicação desta técnica.

Por outro lado, com relação a primeira contagem do teste de germinação, a interação (potenciais hídricos x períodos de armazenamento) foi significativa para as sementes dos lotes 1 e 2. O desdobramento dos tratamentos dentro dos períodos de armazenamento indicou a existência de uma relação quadrática para a porcentagem de plântulas normais obtidas na primeira contagem da germinação no início e aos três meses de armazenamento e de uma relação cúbica aos seis meses (Figura 2.1). Apesar disso, para as sementes dos lotes 3 e 4 não foram encontradas diferenças estatísticas significativas (Tabela 2.5).

As sementes dos lotes 1 e 2, classificadas como menos vigorosas, quando submetidas ao *priming* apresentaram maiores porcentagens de plântulas normais na primeira contagem em comparação ao controle, sendo os maiores valores médios obtidos com o *priming* em soluções -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 (Figura 2.1). As sementes dos lotes 3 e 4, consideradas como mais vigorosas, não apresentaram efeito significativo, provavelmente devido à dificuldade de conseguir acelerar a taxa de germinação destas sementes (Tabela 2.5). Além disso, foi possível constatar que, durante o período de armazenagem, as sementes mantiveram o vigor mesmo após o *priming*, uma vez que as médias obtidas foram significativamente superiores às do controle.

Resultados semelhantes aos observados na primeira contagem do teste de germinação foram encontrados em relação à porcentagem de plântulas normais obtidas após a exposição das sementes ao envelhecimento acelerado, não apenas entre os potenciais hídricos empregados para o *priming*, mas, também entre os meses de armazenamento (Figura 2.2). A porcentagem de plântulas normais variou segundo uma relação quadrática no início e aos três meses de armazenagem e de acordo com uma relação cúbica aos 6 meses (Figura 2.2). No entanto, para

os lotes 3 e 4 não foram observadas diferenças estatísticas significativas (Tabela 2.6). Pallaoro et al. (2016) verificaram que o *priming* das sementes de milho com -0,4 MPa de PEG 6000 favoreceu o vigor das sementes mantendo a qualidade fisiológica após 30 dias de armazenamento.

Tabela 2.3 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Germinação (%) ^{ns}		
	Lote 1		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	88	87	86
0	90	88	88
-0,1	90	88	89
-0,2	88	88	89
-0,4	89	88	88
CV (%)	2,07		
	Lote 2		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	89	88	85
0	87	89	87
-0,1	88	89	86
-0,2	88	89	88
-0,4	88	88	87
CV (%)	2,42		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	96	96	93
0	97	97	96
-0,1	96	98	96
-0,2	98	98	96
-0,4	98	98	97
CV (%)	2,19		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	95	97	94
0	97	99	98
-0,1	97	98	98
-0,2	97	98	98
-0,4	98	98	97
CV (%)	1,91		

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

Tabela 2.4 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de emergência da plântula realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Emergência da plântula (%) ^{ns}		
	Lote 1		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	87	88	88
0	85	87	86
-0,1	88	87	88
-0,2	90	88	88
-0,4	88	87	87
CV (%)	3,08		
	Lote 2		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	87	87	86
0	90	88	87
-0,1	88	88	86
-0,2	87	86	88
-0,4	87	87	88
CV (%)	2,07		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	97	95	94
0	97	98	96
-0,1	96	98	95
-0,2	96	98	96
-0,4	96	98	97
CV (%)	2,61		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	95	95	94
0	97	98	96
-0,1	96	98	95
-0,2	96	98	96
-0,4	97	98	96
CV (%)	2,52		

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

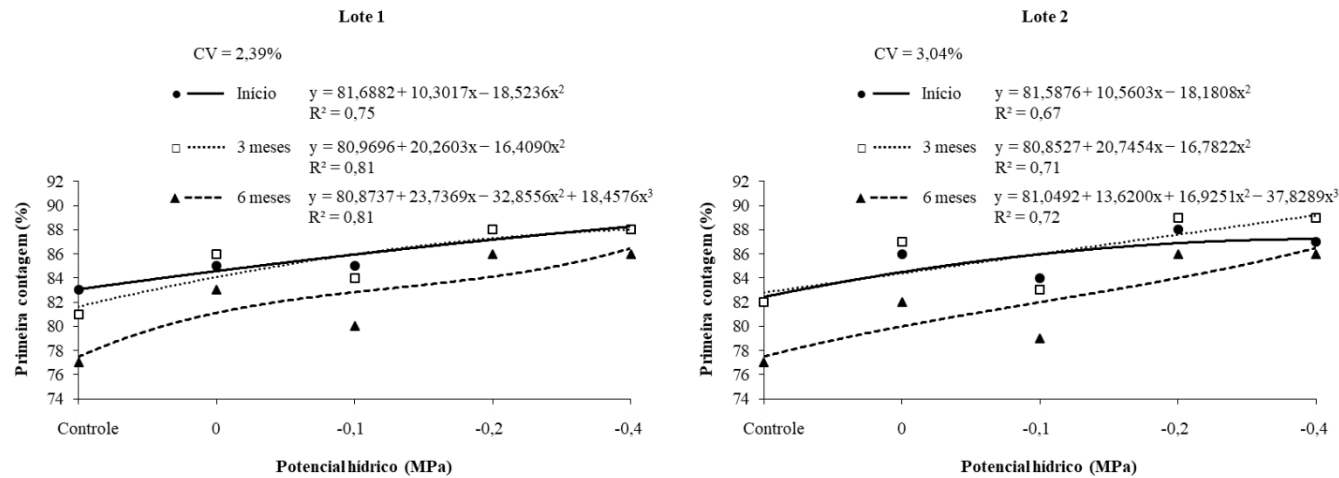


Figura 2.1 - Valores médios de plântulas normais obtidos na primeira contagem do teste de germinação realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

Tabela 2.5 - Valores médios de plântulas normais obtidos na primeira contagem do teste de germinação realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Primeira contagem (%) ^{ns}		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	93	94	93
0	95	96	96
-0,1	94	95	93
-0,2	96	97	96
-0,4	95	97	96
CV (%)	2,09		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
	Controle	93	94
0	97	99	96
-0,1	95	96	94
-0,2	97	98	98
-0,4	97	98	98
CV (%)	2,48		

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

Apesar de não ter sido encontrada interação significativa para a porcentagem de germinação das sementes, quando se avaliou o índice de velocidade de germinação, houve diferença em relação ao controle (Figura 2.3). Para os quatro lotes e para os potenciais hídricos considerados o modelo mais adequado para descrever os dados foi o representado pela função cúbica, com coeficientes de determinação variando de 0,79 a 1,00. As sementes de cevada submetidas ao *priming* apresentaram maior velocidade de germinação, sendo que no início e aos três e seis meses de armazenamento para a utilização das soluções -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 foram obtidos os maiores valores absolutos. Isto pode ter ocorrido devido ao maior teor de água inicial das sementes, com conseqüente aceleração do processo de germinação.

De acordo com Ghobadi et al. (2012), sementes de trigo submetidas ao *priming* em água com adição de ácido giberélico (50,0 mg L⁻¹), por imersão aerada durante 24 horas, apresentaram redução do tempo médio de germinação em relação ao controle. Efeitos benéficos também foram observados por Ansari et al. (2013) em sementes de centeio após o *priming* com ácido giberélico a 25,0 mg L⁻¹ por 12 horas a 10 °C, apresentando maior velocidade e uniformidade de germinação em condições de baixa disponibilidade de água.

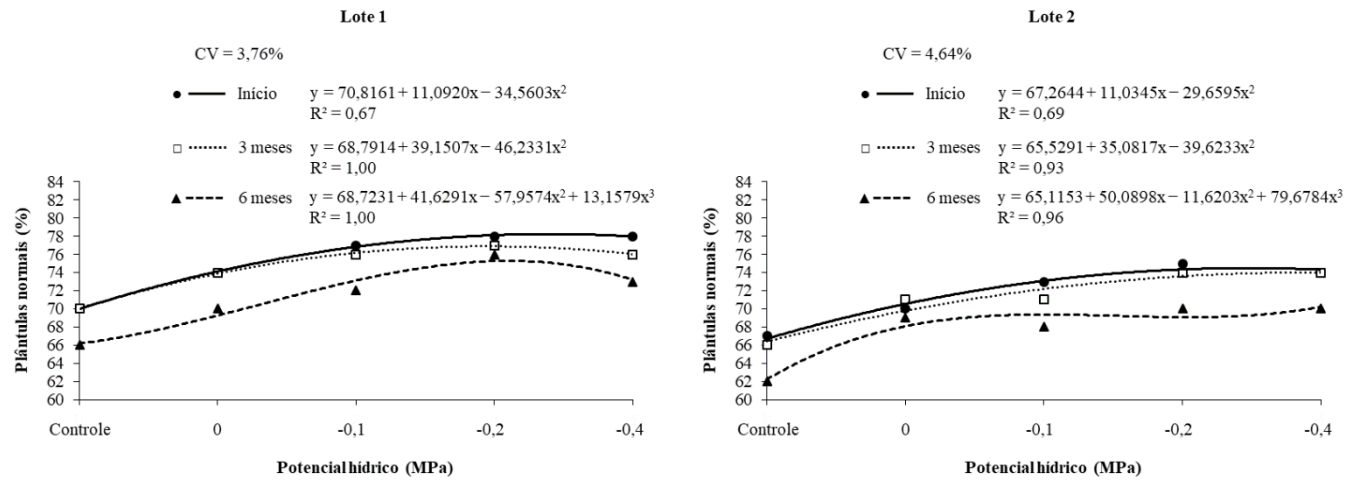


Figura 2.2 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de envelhecimento acelerado realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

Tabela 2.6 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de envelhecimento acelerado realizado no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Envelhecimento acelerado (%) ^{ns}		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	79	79	74
0	81	81	78
-0,1	84	83	80
-0,2	86	83	81
-0,4	83	82	81
CV (%)	4,67		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	79	78	78
0	85	84	83
-0,1	84	84	82
-0,2	88	87	86
-0,4	88	86	84
CV (%)	4,68		

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

Semelhante ao índice de velocidade de germinação, o modelo de ajuste mais adequado para os dados referentes ao índice de velocidade de emergência da plântula foi a regressão cúbica (Figura 2.4), com coeficientes de determinação variando de 0,69 a 1,00. Após o *priming*, para as sementes de todos os lotes avaliados, foi observado aumento na velocidade de emergência das plântulas quando comparada a da proveniente das sementes controle.

Além disso, os efeitos favoráveis do *priming* foram mantidos por até seis meses de armazenamento (Figura 2.4), sendo possível determinar que não houve reversão dos benefícios proporcionados às sementes armazenadas, pois a velocidade de emergência das plântulas submetidas ao *priming* ainda era superior à do controle.

Em relação ao comprimento da raiz primária das plântulas, oriundas das sementes de cevada, os resultados da análise estatística indicaram que houve ajuste de regressão quadrática no início e aos três meses de armazenamento e de regressão cúbica aos seis meses, com efeitos significativos entre os potenciais hídricos empregados quando comparados ao controle (Figura 2.5). No entanto, entre os períodos de armazenamento não foram constatadas diferenças estatísticas significativas. Foi possível verificar também que o comprimento da raiz primária das plântulas obtidas das sementes foi superior, em valores absolutos, quando aplicado o *priming* com as soluções -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000. Ainda, mesmo para as sementes dos

lotes 3 e 4, considerados mais vigorosos, o *priming* favoreceu o comprimento das raízes primárias em comparação às sementes controle. Durante o *priming* ocorrem incrementos no teor de proteínas solúveis e de enzimas específicas associadas à germinação, o que proporciona maior concentração de solutos, resultando em crescimento mais rápido das plântulas (SMITH; COBB, 1992).

Durante a caracterização inicial da qualidade sanitária das sementes de cevada (Figuras 2.6, 2.7, 2.8 e 2.9), os fungos observados com frequência foram *Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria alternata*, *Fusarium graminearum* e *Cladosporium* spp.. A presença do inoculo na semente não significa que haverá infecção, uma vez que alterações podem surgir durante o período de armazenamento (MENTEN; BUENO, 1987). Além disso, nas sementes de alguns lotes foram encontrados os fungos *Aspergillus* spp., *Chaetomium* spp., *Curvularia* spp., *Epicoccum* spp., *Gonatotryps* spp., *Niger* spp., *Nigrospora* spp., *Penicillium* spp. e *Rhizopus* spp., os quais foram suprimidos das tabelas em função da baixa incidência (variando de 0,5% a 1,0%).

Nesta pesquisa, foram observadas semelhanças quanto à germinação e à emergência das plântulas provenientes de sementes submetidas ou não a aplicação do *priming* (Tabelas 2.3 e 2.4), evidenciando que o procedimento não interferiu negativamente na incidência dos fungos associados às sementes, os quais poderiam causar efeitos prejudiciais à qualidade.

Comparando os períodos de armazenamento, foi constatada, aos seis meses, redução da incidência de *Bipolaris sorokiniana*, assim como de *Alternaria alternata*, *Fusarium graminearum* e *Cladosporium* spp. nas sementes de todos os lotes analisados (Figuras 2.6, 2.7, 2.8 e 2.9). Portanto, o *priming* não favoreceu diretamente o desenvolvimento dos microrganismos, que poderiam inibir os efeitos benéficos da aplicação desta técnica.

Ao analisar o fungo *B. sorokiniana*, o modelo de regressão quadrática foi o que se ajustou de forma mais adequada para descrever os dados em função dos potenciais hídricos utilizados para o *priming*, apresentando coeficientes de determinação variando de 0,72 a 0,99 (Figura 2.6). O fungo apresentou maiores incidências nas sementes em que não foi aplicada a técnica do *priming* (controle) e nas sementes em que a água destilada foi utilizada para o procedimento. Além disso, considerando as médias obtidas nas sementes dos quatro lotes, foram observadas reduções de 4,4%, 10,0%, 7,2%, 7,5% e 6,5%, respectivamente, para o controle, o *priming* com água destilada e o *priming* com soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 durante os seis meses de armazenamento.

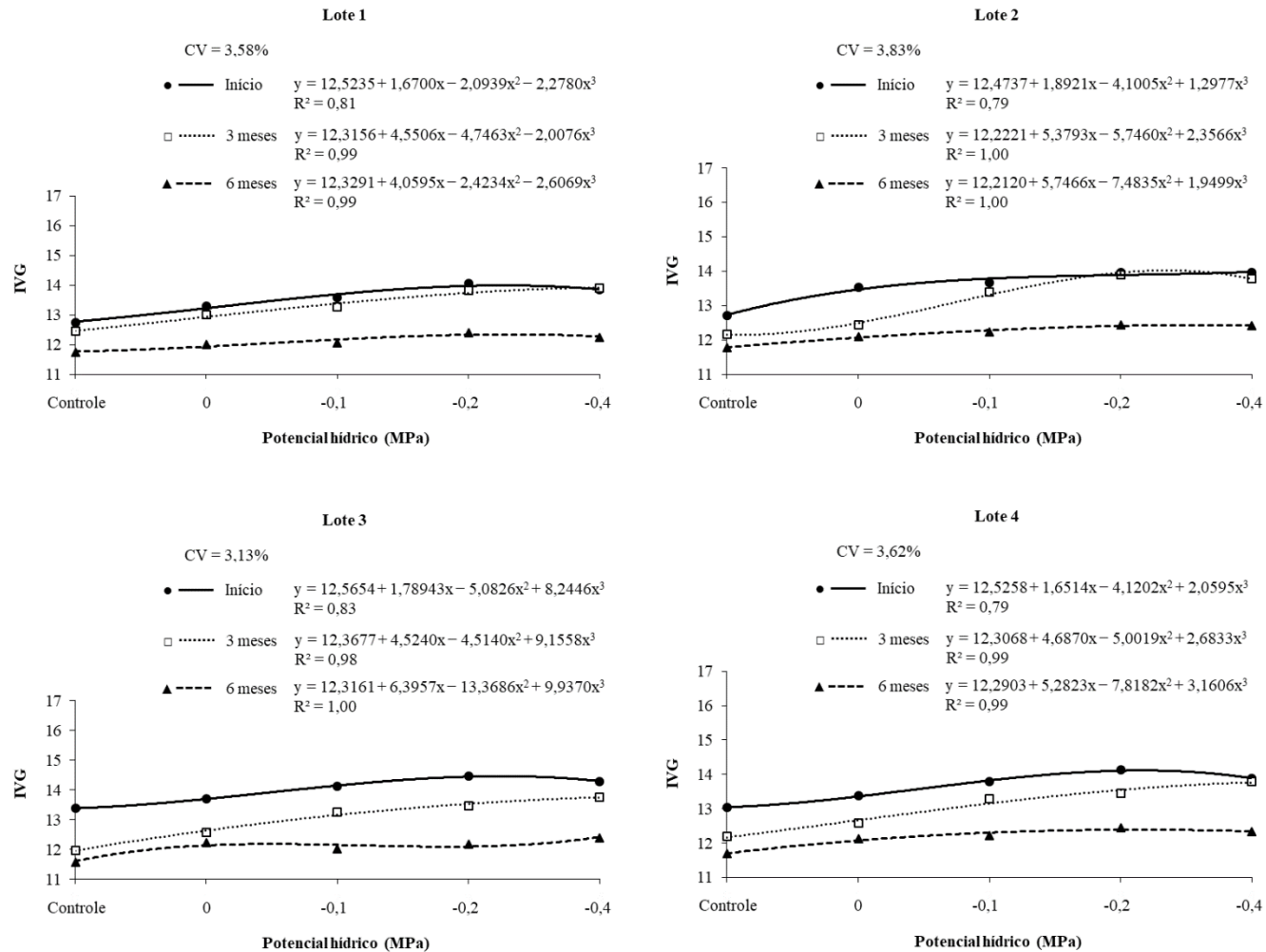


Figura 2.3 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

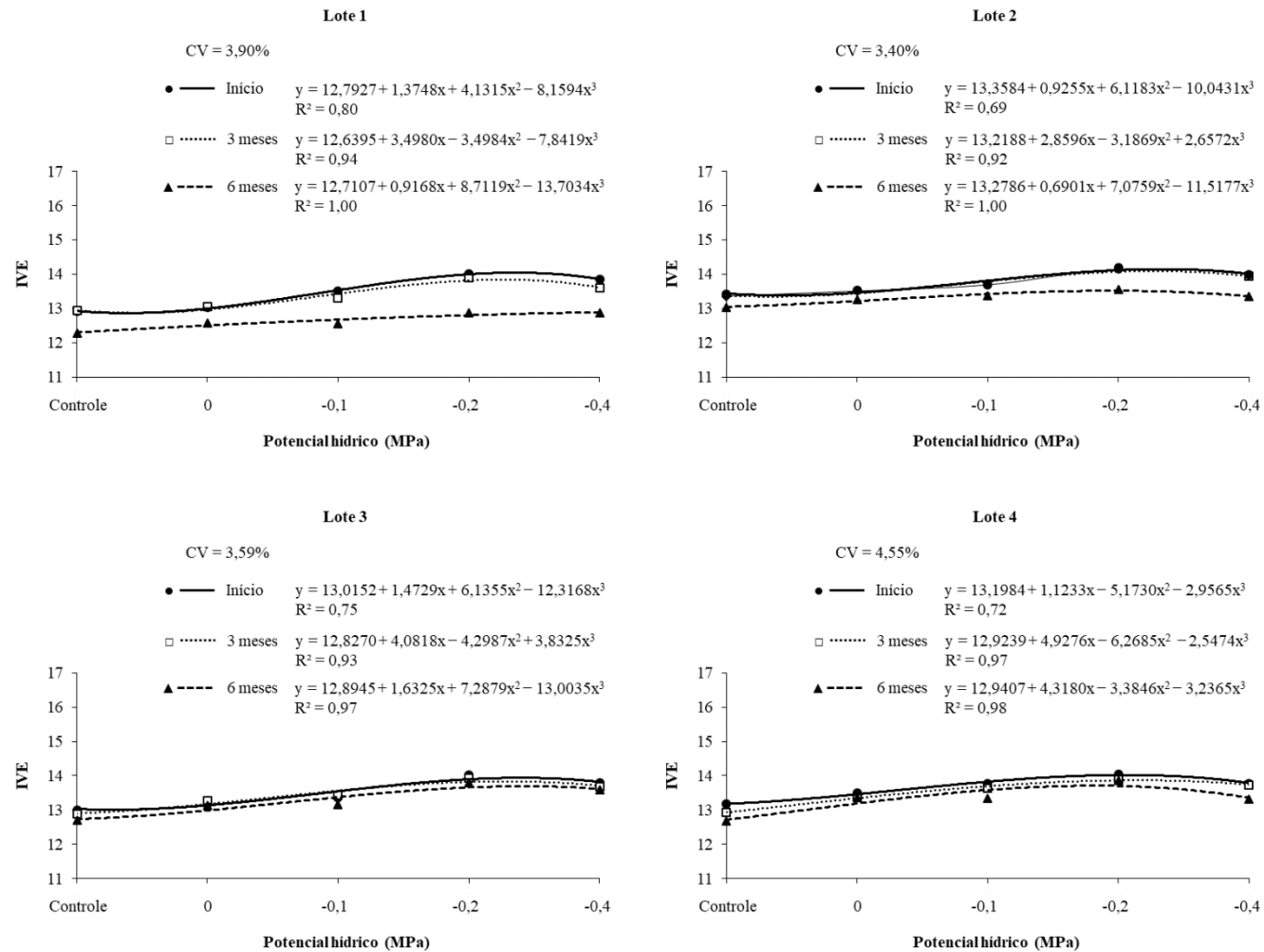


Figura 2.4 - Valores médios do índice de velocidade de emergência da plântula (IVE) obtidos no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

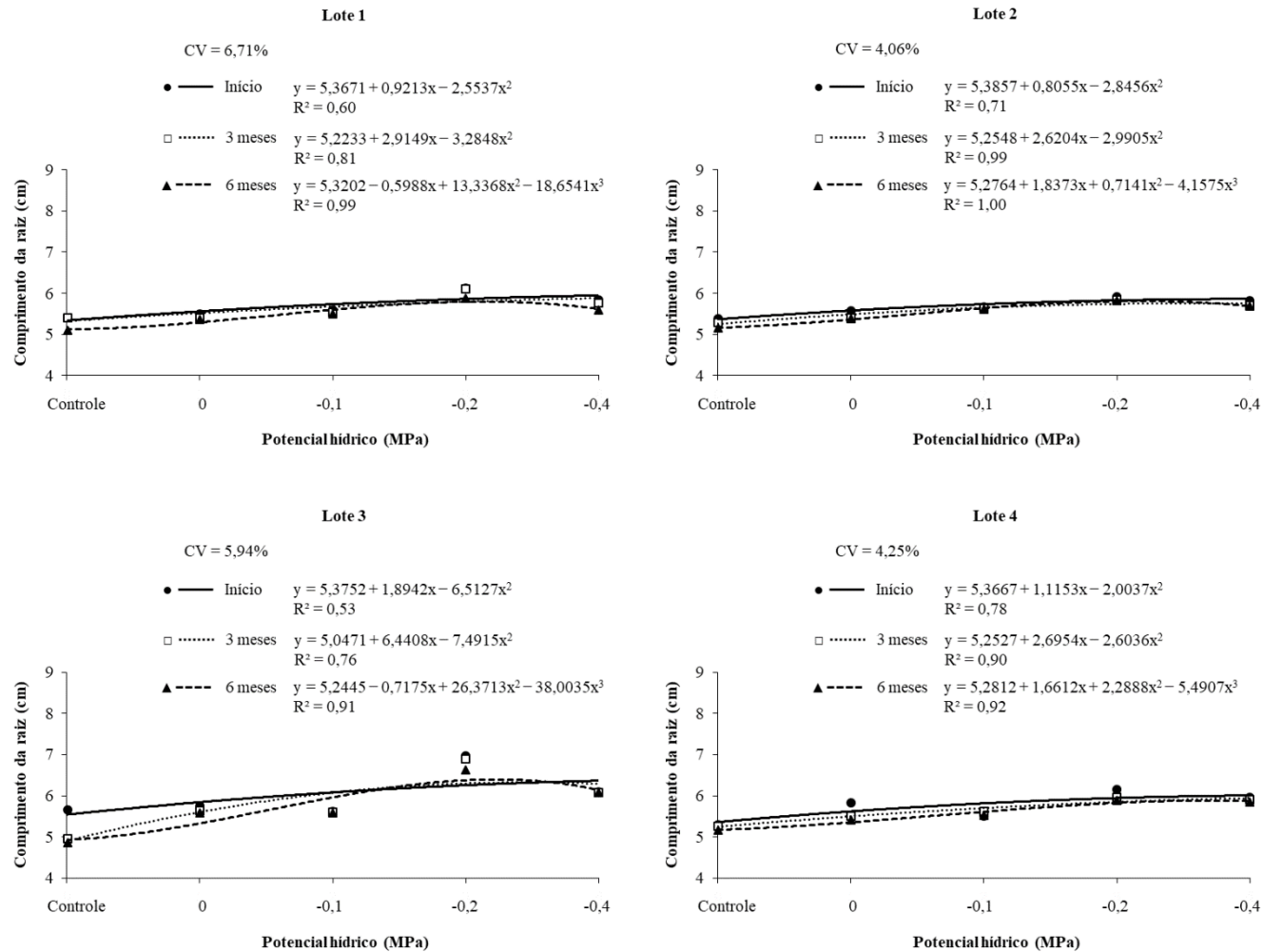


Figura 2.5 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

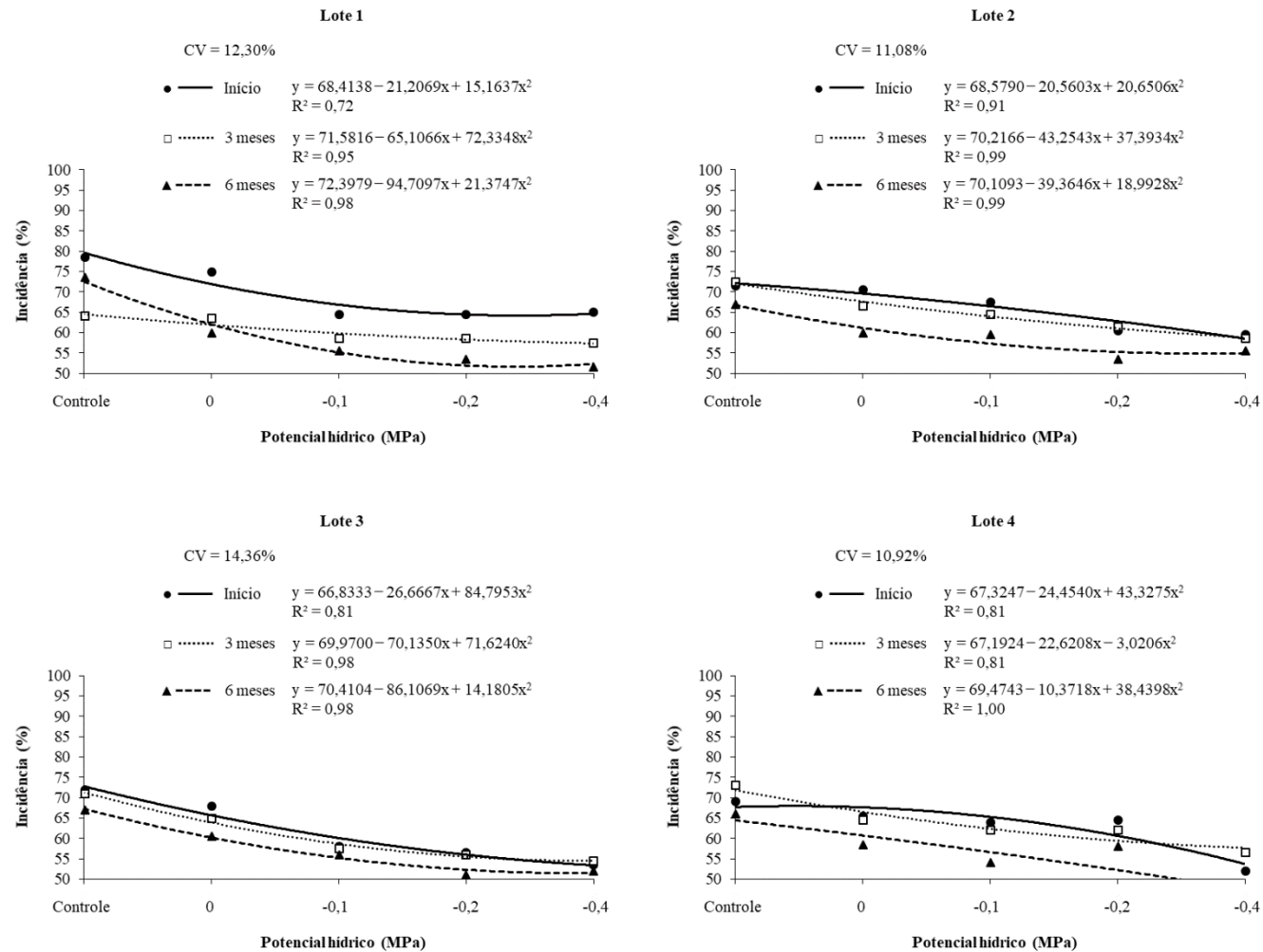


Figura 2.6 - Valores médios da incidência de *Bipolaris sorokiniana* determinados no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

AGOSTINETTO (2014) constatou, em sementes de cevada, que houve redução da incidência e da viabilidade de *B. sorokiniana* ao longo do período de dez meses de armazenagem. A redução média da viabilidade de *B. sorokiniana* foi de 27%; no entanto, as sementes não foram submetidas ao *priming*.

Para *A. alternata*, a regressão polinomial quadrática também demonstrou haver correlação entre os diferentes potenciais hídricos e os períodos de armazenamento (Figura 2.7). Nas médias determinadas para as sementes dos quatro lotes avaliados, foi possível verificar variações médias de 95,2% para 89,4% no controle, de 94,2% para 85,2% no *priming* com água destilada, de 93,9% para 83,4% com solução -0,1 MPa de PEG, de 93,0% para 79,4% com solução -0,2 MPa de PEG e de 91,4% para 77,4% com solução -0,4 MPa de PEG.

A maior incidência média de *F. graminearum* foi detectada nas sementes do lote 2 em que foi aplicada a técnica do *priming* com solução -0,4 MPa de PEG (Figura 2.8). O modelo da equação de regressão foi ajustado a uma função quadrática, com coeficientes de determinação de 0,87; 0,97 e 0,99 no início e aos três e seis meses de armazenamento, respectivamente. Durante o período de armazenagem, as reduções foram em média de 17,5% para 4,0%. Telles Neto, Reis e Casa (2007) também constataram efeito linear do tempo de armazenamento sobre a sobrevivência de *F. graminearum* em sementes trigo; segundo estes autores, a incidência natural inicial de *F. graminearum* foi de 29,8%. Entretanto, os valores médios mostraram que aos dez meses a incidência foi para 0,5% e chegou à zero aos 12 meses de armazenamento.

Além disso, os resultados também indicaram que houve redução na incidência dos fungos do gênero *Cladosporium* no período de armazenagem (Figura 2.9). Para os lotes analisados, o modelo de regressão quadrática foi considerado como mais adequado para descrever a incidência deste fungo, no início e aos os três e seis meses de armazenamento. Ao analisar as sementes, na média dos quatro lotes, foram obtidas reduções de 16,2%, 12,7%, 13,5%, 14,6% e 15,1%, respectivamente, para o controle, o *priming* com água destilada e o *priming* com soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG.

De maneira geral, a incidência nas sementes destas espécies fúngicas, consideradas como fungos de campo, decresceu ao longo do armazenamento. As espécies dos gêneros *Alternaria*, *Bipolaris*, *Cladosporium* e *Fusarium* se desenvolvem e são viáveis em sementes com teores de água elevados (superior a 30%), sob umidade relativa do ar acima de 95% (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Portanto, os fungos presentes nas sementes em estudo podem ter perdido a viabilidade, devido ao baixo teor de água das sementes durante o período de armazenamento.

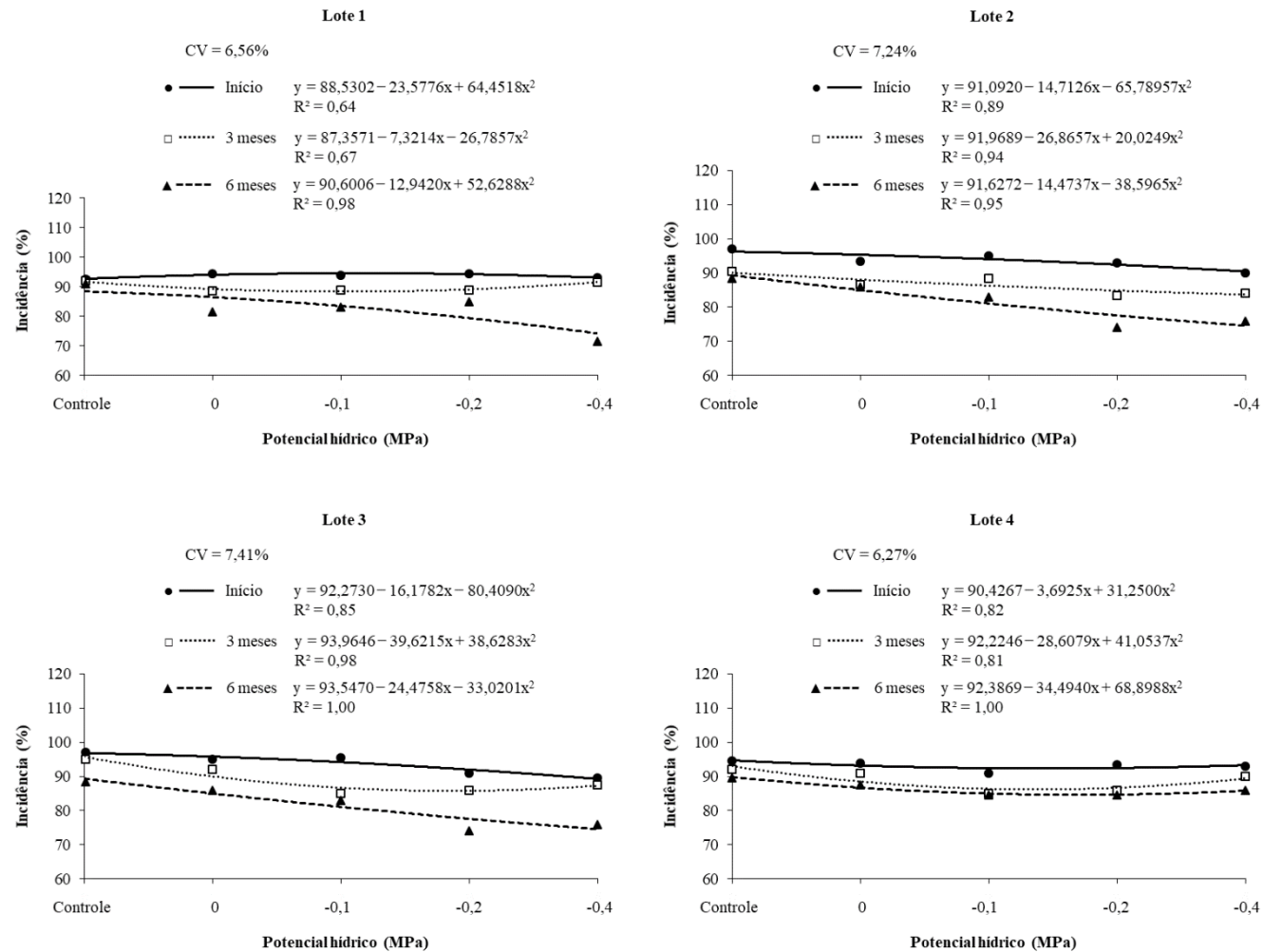


Figura 2.7 - Valores médios da incidência de *Alternaria alternata* determinados no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

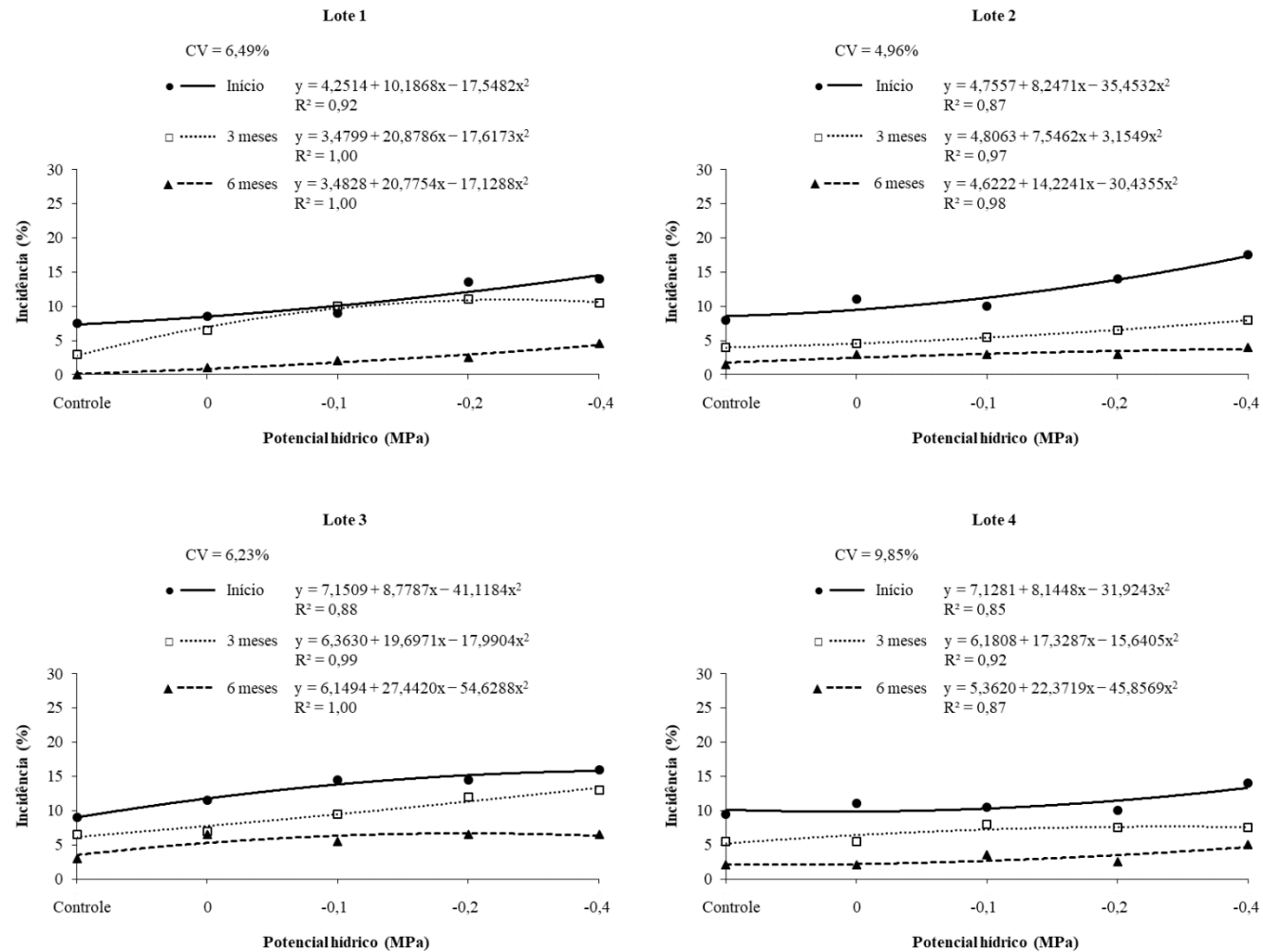


Figura 2.8 - Valores médios da incidência de *Fusarium graminearum* determinados no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

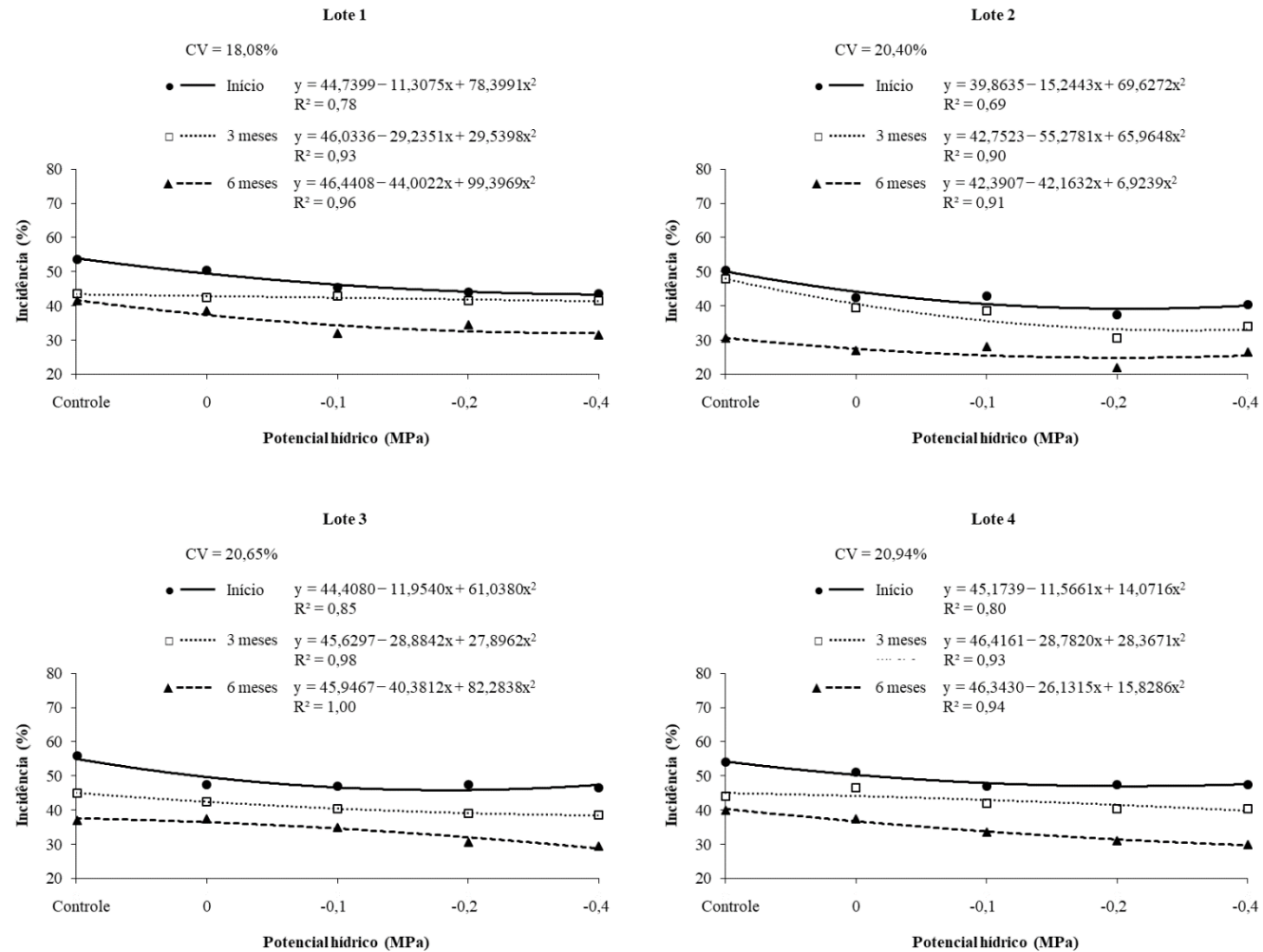


Figura 2.9 - Valores médios da incidência de *Cladosporium* spp. determinados no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

2.4 CONCLUSÕES

O *priming* em sementes de cevada favorece o aumento da velocidade de germinação das sementes e de emergência das plântulas e o crescimento das raízes primárias, principalmente em sementes menos vigorosas.

Os efeitos benéficos do *priming* para a qualidade das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, são mantidos ao longo do período de seis meses de armazenamento em condições controladas de ambiente (17 °C e 50% de UR do ar).

Os principais fungos associados às sementes de cevada são os das espécies *Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria alternata*, *Fusarium graminearum* e *Cladosporium* spp..

No decorrer do armazenamento, há redução na incidência destes microrganismos, não interferindo diretamente na qualidade das sementes de cevada após o *priming*.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, L. **Inoculo na semente, transmissão de *Bipolaris sorokiniana* e *Drechslera teres* e desenvolvimento de epidemia em cevada**. 2014. 179 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, 2014.

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 1988. 803 p.

AMABILE, R. F.; FALEIRO, F. G. **A cevada irrigada no Cerrado: estado da arte, recursos genéticos e melhoramento**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2014. 127 p.

ANSARI, O.; AZADI, M. S.; SHARIF-ZADEH, F.; YOUNESI, E. Effect of hormone priming on germination characteristics and enzyme activity of mountain rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress conditions. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 9, n. 3, p. 61-71, 2013.

ARIAS, G. **Mejoramiento genetico y produccion de cebada cervecera en América del Sur**. Santiago: Direccion de produccion y proteccion vegetal (FAO), Oficina Regional de la FAO para América Latina e el Caribe, 1995. 157 p.

BARBA, J. T.; REIS, E. M.; FORCELINI, C. A. Comparação de métodos para detecção de *Bipolaris sorokiniana* em sementes de cevada. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 389-394, 2002.

BASSO, D. P. **Condicionamento osmótico e qualidade de sementes de milho doce durante o armazenamento**. 2014. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa n.º 45 de 17 de setembro de 2013**. Padrões para produção e comercialização de sementes de cevada. Diário oficial da União, n. 181, Seção 1, p. 6, 2013.

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

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

DEMIR, I.; ERMIS, S.; OKÇU, G.; MATTHEWS, S. Vigor tests for predicting seedling emergence of aubergine (*Solanum melongena*) seed lots. **Seed Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 481-484, 2005.

DREW, D. K. L.; HANDS, L. J.; GRAY, D. Relating the effects of priming to germination of unprimed seeds. **Seed Science and Technology**, v. 25, n. 3, p. 537-548, 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2005 e 2006**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. (Sistemas de Produção, 2).

FRANZIN, S. M.; MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C.; ILLMANN, M. A. A. Pré-germinação de sementes de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 68-75, 2007.

GARCIA, F. C.; JIMÉNEZ, L. F.; VÁZQUEZ-RAMOS, J. Biochemical and cytological studies on osmoprimed maize seeds. **Seed Science Research**, v. 5, n. 1, p. 15-23, 1995.

GHOBADI, M.; ABNAVI, M. S.; HONARMAND, S. J.; GHOBADI, M. E.; MOHAMMADI, G. R. Effect of hormonal priming (GA₃) and osmopriming on behavior of seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 9, p. 244-250, 2012.

HANSON, A. D. The effects of imbibition drying treatments on wheat seeds. **New Phytologist**, v. 72, n. 5, p. 1063-1073, 1973.

HILL, H. J., CUNNINGHAM, J. D., BRADFORD, K. J.; TAYLOR, A. G. Primed lettuce seeds exhibit increased sensitivity to moisture content during controlled deterioration. **HortScience**, v. 42, n. 6, p. 1436-1439, 2007.

LIMONARD, T. A modified blotter test for seed health. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v. 72, p. 319-321, 1966.

LUZ, W. C. **Diagnose das doenças da cevada no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1982. 24 p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 2).

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

MENTEN, J. O. M.; BUENO, J. T. Transmissão de patógenos pelas sementes. In: SOAVE, J.; WETZEL, M. M. V. S. (Eds.). **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 164-191.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 49-85.

NASCIMENTO, W. M. Sementes de melão osmoticamente condicionadas: vale a pena utilizá-las? **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 133-135, 2002.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA-MANN, R.; SANTOS, M. F.; GOIS, I. B.; BARRETTO, M. C. V. Condicionamento osmótico em sementes de milho doce submetidas ao armazenamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 444-448, 2007.

PALLAORO, D. S.; CAMILI, E. C.; GUIMARÃES, S. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Methods for priming maize seeds. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 2, p. 148-154, 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

RUAN, S.; XUE, Q.; TYLKAWSKA, K. Effects of priming on germination and health of rice seeds. **Seed Science and Technology**, v. 30, n. 2, p. 451-458, 2002.

SHORT, G. E.; LACY, M. L. Carbohydrate exudation from pea seeds: Effect of cultivar, seed age, seed color and temperature. **Phytopathology**, v. 66, n. 2, p. 182-187, 1976.

SMITH, P. T.; COOB, B. G. Physiological and enzymatic characteristic of primed, re-dried air, and germinated pepper seeds. **Seed Science and Technology**, v. 20, p. 503-513, 1992.

TELLES NETO, F. X. B.; REIS, E. M.; CASA, R. T. Viabilidade de *Fusarium graminearum* em sementes de trigo durante o armazenamento. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 414-415, 2007.

VILELLA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

CAPÍTULO 3 - INTERFERÊNCIA DO *PRIMING* NA QUALIDADE DAS SEMENTES DE CEVADA EM CONDIÇÕES ADVERSAS DE AMBIENTE

RESUMO

As inadequações ambientais tendem a reduzir a germinação das sementes e a emergência da plântula, com reflexos negativos na quantidade das plantas por área. No entanto, o *priming* pode minimizar a interferência destas variações. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi verificar se a aplicação do *priming* constitui alternativa viável para favorecer a germinação e vigor das sementes de cevada, em condições de redução da disponibilidade hídrica e da temperatura e em meio salino, imediatamente após a aplicação desta técnica e durante o armazenamento das sementes. As sementes de cevada foram imersas em água (0MPa) e em soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de polietileno glicol (PEG 6000); a seguir foram secas em estufa (30 °C por 24 horas) e armazenadas a 17 °C e 50% de UR do ar, durante o período de seis meses. As análises foram realizadas em intervalos trimestrais (início e aos três e seis meses), considerando a germinação, o índice de velocidade de germinação e o comprimento da raiz primária da plântula, sendo as sementes colocadas para germinar em condições de baixa disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG); temperaturas reduzidas (5 °C e 10 °C) e salinidade (-0,7 MPa de NaCl). Os resultados indicam que o *priming* realizado com água ou com as soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 preserva a qualidade das sementes de cevada quando há limitação da disponibilidade de água e de temperatura e também em elevado nível de salinidade, apresentando incrementos da velocidade de germinação das sementes e do comprimento da raiz primária das plântulas, principalmente em sementes menos vigorosas. Além disso, os efeitos favoráveis do *priming* são mantidos durante o período de seis meses de armazenamento das sementes de cevada.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare* L.; armazenamento; disponibilidade de água; temperatura; salinidade.

CHAPTER 3 - INTERFERENCE OF PRIMING IN BARLEY SEEDS QUALITY UNDER ADVERSE ENVIRONMENTAL CONDITIONS

ABSTRACT

Environmental inadequacies tend to reduce seed germination and seedling emergence, with negative effects on the number of plants per area. However, priming can minimize the interference of these variations. Therefore, the objective of this research was to verify if the application of priming constitutes viable alternative to promote the germination and vigor of barley seeds, in conditions of reduction of water availability and of temperature and in saline medium, immediately after the application of this technique and during the storage of the seeds. barley seeds were immersed in water (0 MPa) and in polyethylene glycol (PEG 6000) solutions -0.1, -0.2 and -0.4 MPa; the seeds were dried in an oven (30 °C for 24 hours) and stored at 17 °C and 50% relative humidity for six months. Seeds were evaluated quarterly (beginning and at three and six months) for germination, germination speed index and primary root length, being the seeds placed to germinate in conditions of low availability of water (PEG -0.7 MPa); reduced temperatures (5 °C and 10 °C) and salinity (NaCl -0.7 MPa). The results indicate that priming, using water or PEG 6000 solutions -0.1, -0.2 and -0.4 MPa preserves the quality of barley seeds when there is limitation of water availability and temperature and in salinity condition, presenting increases in the germination speed and the length primary root of the seedling, especially in least vigorous seeds. In addition, favorable effects of priming are maintained during period of six months storage of barley seeds.

Key words: *Hordeum vulgare* L.; storage; water availability; temperature; salinity.

3.1 INTRODUÇÃO

A Região Sul do Brasil é a principal produtora de cevada do país, devido às condições edafoclimáticas e à adaptabilidade da planta ao sistema de produção. No entanto, esta Região apresenta alguns fatores limitantes para o cultivo como o clima favorável ao desenvolvimento de doenças, as geadas que comprometem a produção, as chuvas após a maturidade fisiológica das sementes, que causam redução da qualidade, e a competição com outros cereais de inverno (MONTEIRO, 2009). Assim, a inserção da cultura em novas áreas agrícolas com potencial produtivo, é alternativa importante para atender à demanda por esta *comoditie*.

A fase inicial de desenvolvimento das plantas é considerada essencial, uma vez que o estabelecimento da população no campo dependerá do potencial das sementes de originar plântulas normais que se adaptem às condições ambientais adversas ou variáveis (FRANCO; SILVERTOWN, 1997).

A germinação e o vigor das sementes é função da interação dos atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária, das condições do clima e do ambiente edáfico (HAMPTON; TEKRONY, 1995). Os fatores que podem afetar, direta ou indiretamente, a velocidade e a intensidade de deterioração da semente são as inadequações da temperatura e da disponibilidade hídrica e a salinidade, além de outras adversidades em relação à luz, aos microrganismos, insetos ou roedores (KHAN et al., 1976; KHAN; PECK; SAMIMY, 1980/81).

Durante a germinação da semente, condições limitadas de água, principalmente no início da hidratação, influenciam a absorção da água pelas sementes, causando aumento do período correspondente à fase II da germinação (GEORGHIOU; PSARAS; MITRAKOS, 1983; BRADFORD, 1986). A disponibilidade inadequada de água pode afetar também o desenvolvimento das plântulas. A redução da expansão foliar é uma das primeiras respostas (TAIZ; ZEIGER, 2013). El-Sharkawi e Springuel (1977) ao simular o efeito da redução do potencial matricial para a germinação das sementes de trigo, cevada e sorgo, utilizando polietileno glicol (PEG), verificaram que a emergência da parte aérea foi negativamente afetada pela redução do potencial hídrico em comparação à emergência da raiz primária.

Além da baixa disponibilidade de água, o excesso de sais solúveis no solo, principalmente o cloreto de sódio, também pode inibir a germinação das sementes. O efeito primário da salinidade é a redução do potencial hídrico do meio, diminuindo a absorção da água pelas sementes e interferindo no processo de germinação (KHAN; GUL, 2006). No entanto, em

níveis altos, a salinidade pode, ainda, afetar a germinação devido ao acúmulo de compostos tóxicos (BEWLEY; BLACK, 1982; BLISS; PLATT-ALOIA; THOMSON, 1986).

A toxidez dos sais pode provocar diversos distúrbios fisiológicos e bioquímicos nas sementes, como redução do metabolismo proteico (YACOUBI et al., 2013), alteração hormonal (OZHAN; HAJIBABAEI, 2014), redução da utilização de reservas (OTHMAN et al., 2006), alterações celulares e estruturais (AL-TARDEH; IRAKI, 2013) e produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) em níveis prejudiciais para as células (PARIDA; DAS, 2005; AHMAD et al., 2012).

Outro fator ambiental que pode interferir no processo de germinação das sementes é a temperatura, influenciando tanto a porcentagem quanto a velocidade e a uniformidade de germinação. Isto ocorre porque a temperatura altera a velocidade da absorção de água pelas sementes e a velocidade das reações bioquímicas, que mobilizarão ou degradarão as reservas armazenadas e a síntese de várias substâncias para o crescimento das plântulas (BEWLEY; BLACK, 1994; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Portanto, em condições adversas de clima a germinação das sementes tende a ser irregular e pode se estender por longos períodos. Desta forma, tratamentos são desenvolvidos com o objetivo de evitar a exposição prolongada das sementes às inadequações ambientais (KHAN, 1992). Dentre os tratamentos aplicados antes da sementeira, o *priming* tem se destacado como uma alternativa eficiente que permite o controle da hidratação das sementes.

De acordo com BRADFORD (1986) o *priming* favorece a uniformidade e a velocidade da germinação das sementes, em função do acúmulo de solutos (açúcares, ácidos orgânicos e íons) provenientes do início do metabolismo da semente durante a germinação, aumentando o turgor celular durante a reidratação e, em consequência, reduzindo o período de tempo para a protrusão da raiz primária. Além disso, uma das principais vantagens do *priming* é a possibilidade de preservar a qualidade das sementes em condições adversas do ambiente, como as limitações da disponibilidade de água e da temperatura e também em meio salino.

Resultados obtidos por Rouhollah (2013) e Tabatabaei (2013) demonstraram que o *priming* com PEG favoreceu a porcentagem e a velocidade da germinação das sementes de cevada e a emergência das plântulas em condições de limitação da disponibilidade de água. O *priming*, seguido pela secagem reduz o potencial hídrico das sementes, devido ao aumento da concentração de solutos (AKERS; BERKOWITZ; RABIN, 1987). Isto favorece a velocidade da germinação, mesmo quando as sementes são expostas às restrições de disponibilidade hídrica, uma vez que requerem menos água para o desenvolvimento embrionário.

Além disso, Aguiar (1979) observou, após o *priming*, benefícios à qualidade das sementes de arroz, em meio salino. Tabatabaei (2014) relatou efeitos favoráveis do *priming*, com giberelina, em relação à germinação e ao desenvolvimento das plântulas de cevada, quando as sementes foram submetidas às condições de salinidade.

Sung e Chang (1993) verificaram, ainda, para as sementes de milho doce, que o *priming* favoreceu a porcentagem e a uniformidade da emergência da plântula após exposição à redução da temperatura. Para as sementes de cevada, Bodsworth e Bewley (1981) verificaram que após o *priming* com soluções de PEG, a germinação a 10 °C foi rápida e uniforme.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi verificar se a aplicação do *priming* constitui alternativa viável para favorecer a germinação e o vigor das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, em limitação da disponibilidade hídrica e da temperatura e em condição de salinidade, imediatamente após a aplicação desta técnica e durante o armazenamento das sementes.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Durante a pesquisa foram utilizadas sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, quatro lotes com germinação inicial de 88% (lote 1), 89% (lote 2), 96% (lote 3) e 95% (lote 4) e com teores de água de 9,2% para as sementes dos lotes 1, 2 e 3, e de 9,1% para as sementes do lote 4.

Para o *priming*, quatro repetições de 200,0 g de sementes de cada lote foram imersas em água destilada (0 MPa) ou em soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de polietileno glicol (PEG 6000) por períodos de 7, 9, 10 e 11 horas, respectivamente. Cada potencial hídrico foi considerado um tratamento e as sementes não submetidas ao *priming* foram avaliadas como controle.

As sementes foram colocadas em béqueres (1 L) contendo água destilada ou as soluções de PEG 6000 e incubadas em BOD a 15 °C, com aeração por meio de um compressor (bomba de aquário - modelo SC 3500, potência 2,5 W, pressão 0,012 MPa) até atingirem aproximadamente 30,0% de água. Posteriormente, as sementes foram retiradas das soluções, lavadas em água corrente e secas a 30 °C por 24 horas em estufa com circulação de ar.

Após a secagem, as sementes foram embaladas em sacos de papel tipo kraft e armazenadas a 17 °C e 50% de UR do ar durante o período de seis meses. As avaliações da eficiência do *priming* em relação à qualidade das sementes de cevada, quando expostas às

condições inadequadas de disponibilidade de água, temperatura e salinidade, foram realizadas em intervalos trimestrais (início, aos três e seis meses de armazenamento).

3.2.1 Condições adversas de ambiente

3.2.1.1 Temperaturas

As sementes foram avaliadas por meio dos testes de germinação, índice de velocidade de germinação da semente e comprimento da raiz primária da plântula.

a. Teste de germinação: conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada lote e tratamento, distribuídas entre folhas de papel (Germitest), previamente umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos, os quais foram vedados e mantidos em câmaras BOD reguladas a 5 °C e a 10 °C. As avaliações foram feitas aos quatro e aos sete dias após a instalação do teste, determinando, na contagem final, a porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas (BRASIL, 2009).

b. Índice de velocidade de germinação (IVG): realizado conjuntamente com o teste de germinação, sendo calculado por meio da fórmula proposta por MAGUIRE (1962): $IVG = \Sigma(n_i/t_i)$, em que n_i é o número de plântulas normais observado em cada contagem e t_i é o número de dias da semeadura a cada contagem. As avaliações foram realizadas diariamente, registrando o número de plântulas normais.

c. Comprimento da raiz primária da plântula: foram utilizadas quatro repetições de dez sementes de cevada para cada lote e tratamento, dispostas em linhas longitudinais traçadas no terço superior do substrato. As folhas do papel de germinação foram umedecidas previamente com água em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa seca do substrato, sendo as sementes posicionadas de forma que a extremidade da raiz primária estivesse voltada para a parte inferior do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos e posicionados verticalmente em câmaras BOD a 5 °C e a 10 °C por quatro dias. Ao final deste período, foi determinado o comprimento da raiz primária das plântulas normais utilizando uma régua. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

3.2.1.2 Água

Foram avaliadas quatro repetições de 50 sementes para cada lote e tratamento, conforme os procedimentos descritos anteriormente para os testes de germinação, índice de velocidade de germinação da semente e comprimento da raiz primária da plântula. Entretanto, os rolos foram mantidos em germinador regulado a temperatura de 20 °C e o substrato utilizado foi umedecido com solução -0,7 MPa de PEG 6000, simulando condições de baixa disponibilidade de água durante a germinação, conforme indicado por Turk e Tawaha (2002). O preparo da solução de PEG 6000 foi baseado nas recomendações de Vilella, Doni Filho e Sequeira (1991).

3.2.1.3 Salinidade

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada lote e tratamento. As avaliações também foram feitas de acordo com os testes de germinação, índice de velocidade de germinação da semente e comprimento da raiz primária da plântula. Os testes foram conduzidos seguindo metodologia semelhante à mencionada anteriormente, no entanto, os rolos foram mantidos em germinador a 20 °C e o substrato foi umedecido com solução -0,7 MPa de NaCl, que segundo as observações de Ayers e Hayward (1948) simula condição de salinidade durante a germinação das sementes de cevada. A concentração de NaCl foi obtida com base na equação de van't Hoff, citada por Salisbury e Ross (1992).

Para cada condição adversa de ambiente, o delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×5, correspondendo a três períodos de armazenamento (início e aos três e seis meses) e cinco potenciais hídricos utilizados para o *priming* (controle, *priming* com água e *priming* com soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000). Na ausência de normalidade, os dados foram transformados em $\arcsin \sqrt{x} \cdot 100^{-1}$. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F, separadamente para cada lote, visando avaliar a existência de interação entre os fatores envolvidos e, quando significativos, a comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, e além disso, foi realizada a análise de regressão polinomial, utilizando o *software* R e o ambiente RStudio (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as condições adversas de ambiente houve efeito significativo da interação entre os potenciais hídricos utilizados para o *priming* e os períodos de armazenamento com relação ao vigor das sementes de cevada (Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8). No entanto, a germinação das sementes dos quatro lotes avaliados não apresentou diferenças estatísticas significativas (Tabelas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.5).

3.3.1 Condições adversas de ambiente

3.3.1.1 Temperaturas

3.3.1.1.1 Temperatura de 5 °C

A análise da porcentagem de germinação das sementes a 5 °C indicou que o *priming* em diferentes potenciais hídricos e os períodos de armazenamento não apresentaram efeitos estatísticos significativos (Tabela 3.1).

No entanto, com relação ao comprimento da raiz primária das plântulas, para as sementes submetidas ao *priming* foram obtidas médias gerais significativamente superiores às do controle, sendo que os valores observados para o procedimento realizado com água destilada ou com soluções de PEG 6000 foram similares (Figura 3.1). Portanto, a água destilada pode ser utilizada com eficiência no *priming* das sementes de cevada, pois não houve prejuízo decorrente da absorção rápida da água. Na análise de regressão, para as sementes dos quatro lotes avaliados, os dados indicaram efeito cúbico para o comprimento da raiz no início, aos três e aos seis meses de armazenamento, com coeficientes de determinação entre 0,65 a 0,97 (Figura 3.1).

Além disso, aos seis meses de armazenamento houve redução do comprimento da raiz primária das plântulas para todos os métodos utilizados, entretanto, o controle apresentou as menores médias ao longo do período experimental (Figura 3.1), indicando que o *priming* favorece o vigor das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, mesmo quando a temperatura é inferior a indicada para a germinação (15 °C e 20 °C) (BRASIL, 2009).

Tabela 3.1 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação conduzido a temperatura de 5 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de

cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Germinação (%) ^{ns}		
	Lote 1		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	65	63	59
0	68	65	61
-0,1	69	65	63
-0,2	68	67	62
-0,4	67	66	62
CV (%)	5,49		
	Lote 2		
	Início	3 meses	6 meses
	Controle	65	62
0	68	66	62
-0,1	69	65	62
-0,2	67	65	61
-0,4	67	65	61
CV (%)	8,33		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
	Controle	75	74
0	77	76	71
-0,1	77	75	70
-0,2	78	75	70
-0,4	78	76	69
CV (%)	5,65		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
	Controle	76	74
0	78	74	72
-0,1	77	73	70
-0,2	77	77	72
-0,4	76	76	73
CV (%)	5,35		

ns = não significativo ($P < 0,05$) pelo teste F.

A aceleração na taxa de germinação após o *priming* também foi observada quando as sementes foram expostas à temperatura de 5 °C (Figura 3.2). Nesta temperatura, houve aumento na velocidade de germinação, tanto para as sementes que foram submetidas ao *priming* com água destilada quanto nas que o *priming* foi aplicado utilizando diferentes potenciais hídricos das soluções de PEG 6000.

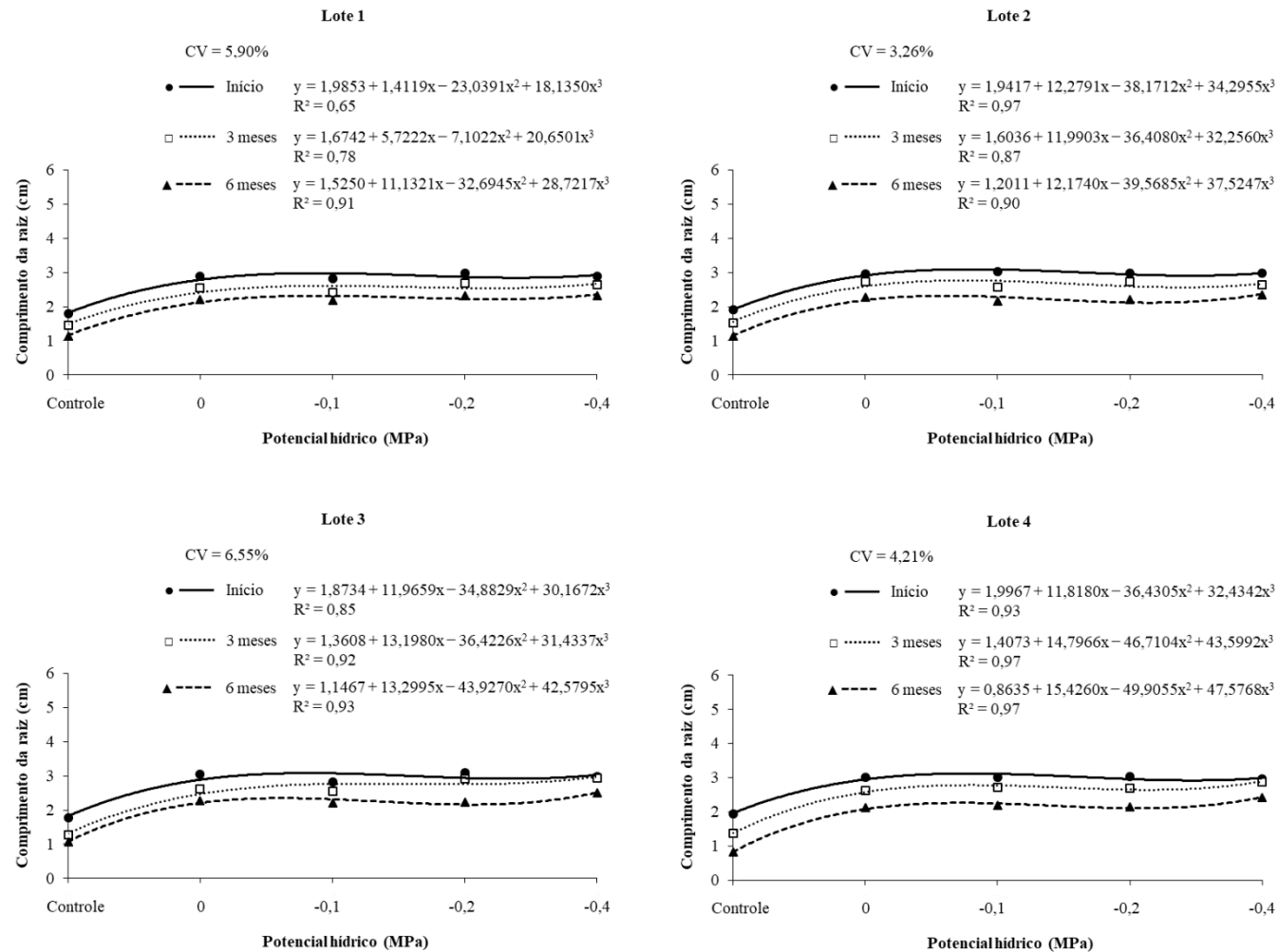


Figura 3.1 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos a temperatura de 5 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05).

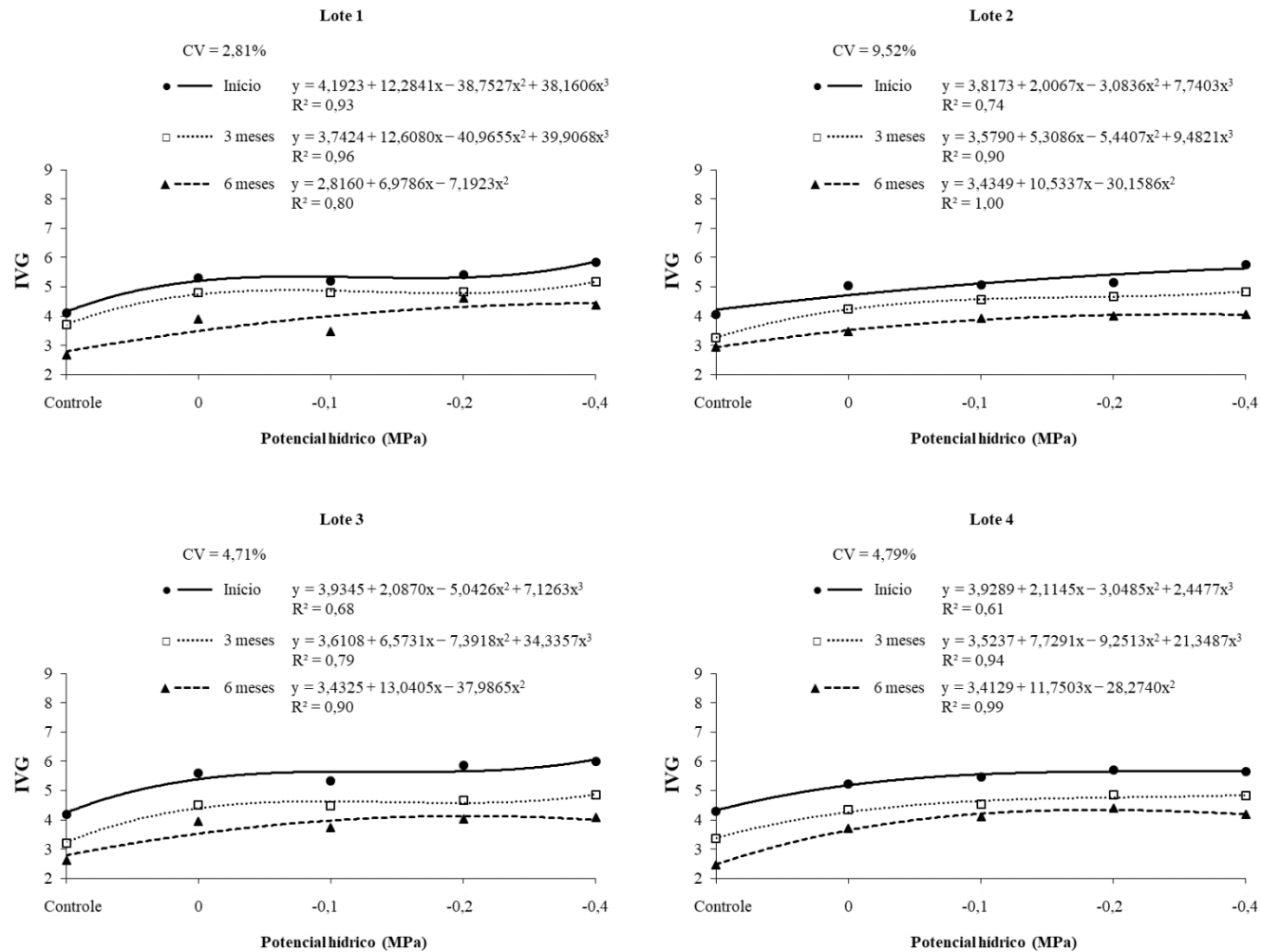


Figura 3.2 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos a temperatura de 5 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

Os dados médios do índice do índice de velocidade de germinação das sementes a temperatura de 5 °C se ajustaram a equações de efeito cúbico no início e aos três meses de armazenamento e de efeito quadrático aos seis meses (Figura 3.2). Nesta pesquisa, a partir do sexto mês foi possível observar também redução na velocidade de germinação, entretanto, para as sementes em que foi aplicada a técnica do *priming* os valores foram superiores aos obtidos para o controle. Assim, o *priming* favoreceu o vigor das sementes independentemente do lote utilizado.

3.3.1.1.2 Temperatura de 10 °C

Para a porcentagem de germinação das sementes a 10 °C foram obtidos resultados similares aos observados quando as sementes foram colocadas para germinar a 5 °C, em que não foi encontrada interação estatística significativa entre os potenciais hídricos empregados para o *priming* e os períodos de armazenamento (Tabela 3.2). No entanto, as menores porcentagens de germinação, em valores absolutos, foram obtidas quando as sementes foram expostas a temperatura de 5 °C (Tabelas 3.1 e 3.2)

Assim como observado para a germinação das sementes, os resultados do comprimento da raiz primária das plântulas e do índice de velocidade de germinação também foram menores quando as sementes foram submetidas a temperatura de 5 °C (Figuras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4). Bewley et al. (2013) afirmaram que a redução da temperatura diminui a dinâmica da absorção de água, retardando a velocidade do processo germinativo e, conseqüentemente, a formação da plântula normal.

Além disso, a 10 °C, tanto para o comprimento da raiz primária das plântulas de cevada quanto para o índice de velocidade de germinação das sementes, foram obtidas interações estatísticas significativas entre os potenciais hídricos utilizados e os períodos de armazenamento, apresentando resultados similares aos observados a temperatura de 5 °C (Figuras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4). Desta forma, quanto ao comprimento da raiz primária foi possível observar que na temperatura de 10 °C, os dados também se ajustaram ao modelo de regressão polinomial com efeito cúbico, sendo os coeficientes de determinação entre 0,65 a 0,99 (Figura 3.3). O mesmo foi observado quanto ao índice de velocidade de germinação, indicando que a equação cúbica foi a que possibilitou o ajuste mais adequado para os dados obtidos para as sementes dos lotes analisados (Figura 3.4).

A tolerância às condições de baixas temperaturas (5 °C e 10 °C) induzida durante o *priming* das sementes de cevada ocorreu, provavelmente, devido ao aumento da velocidade de germinação, o que pode diminuir o intervalo entre a semeadura e a emissão da raiz primária, reduzindo o período de exposição das sementes às adversidades ambientais.

Tabela 3.2 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação conduzido a temperatura de 10 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Germinação (%) ^{ns}		
	Lote 1		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	76	73	70
0	77	74	72
-0,1	77	75	74
-0,2	78	75	74
-0,4	77	74	73
CV (%)	7,12		
	Lote 2		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	75	74	69
0	76	77	72
-0,1	75	77	73
-0,2	77	77	76
-0,4	76	77	75
CV (%)	4,39		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	84	84	79
0	86	87	81
-0,1	86	84	85
-0,2	86	84	82
-0,4	85	85	83
CV (%)	4,21		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	86	84	79
0	89	86	81
-0,1	88	88	82
-0,2	88	88	82
-0,4	87	86	83
CV (%)	3,19		

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

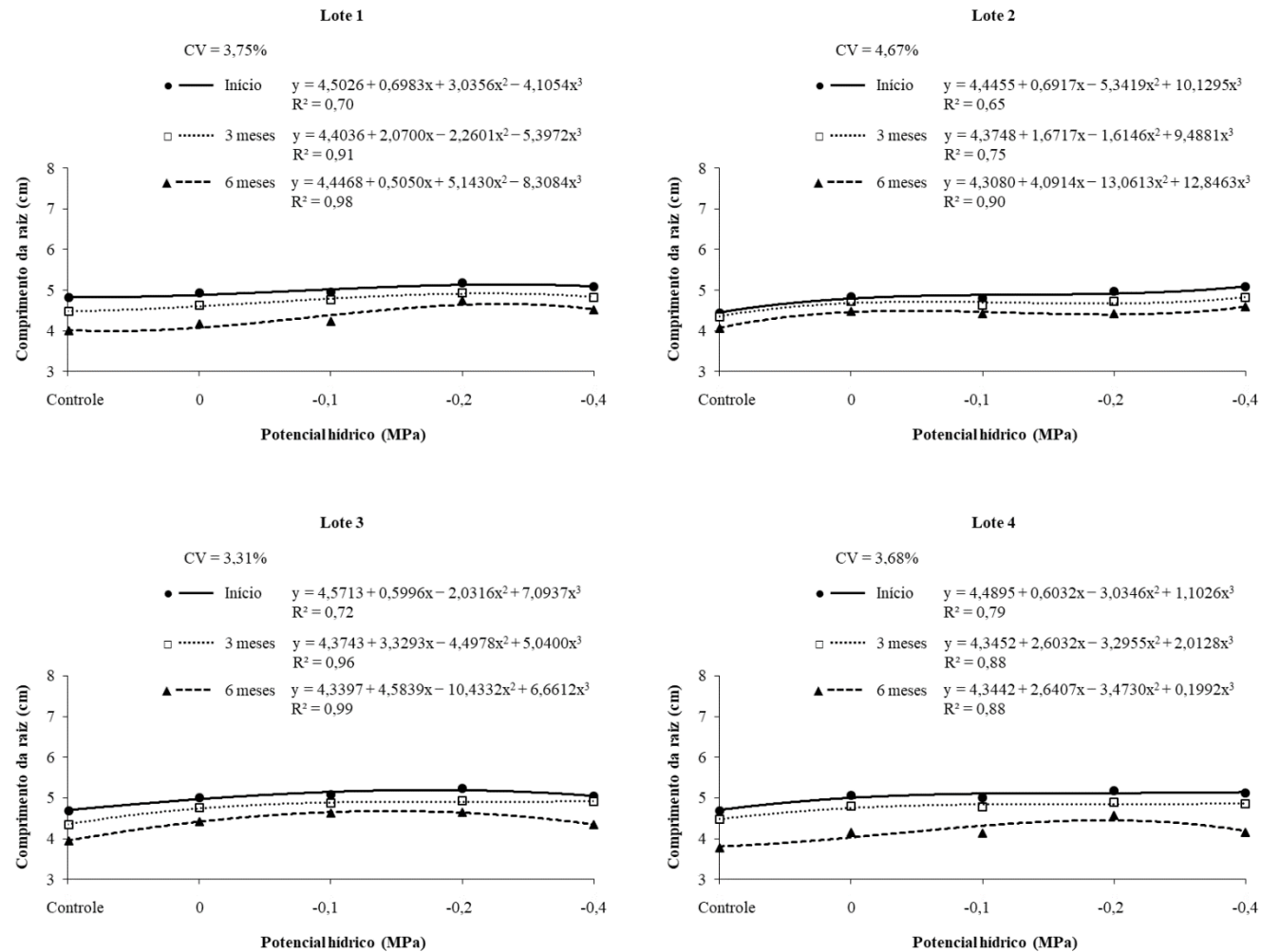


Figura 3.3 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos a temperatura de 10 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05).

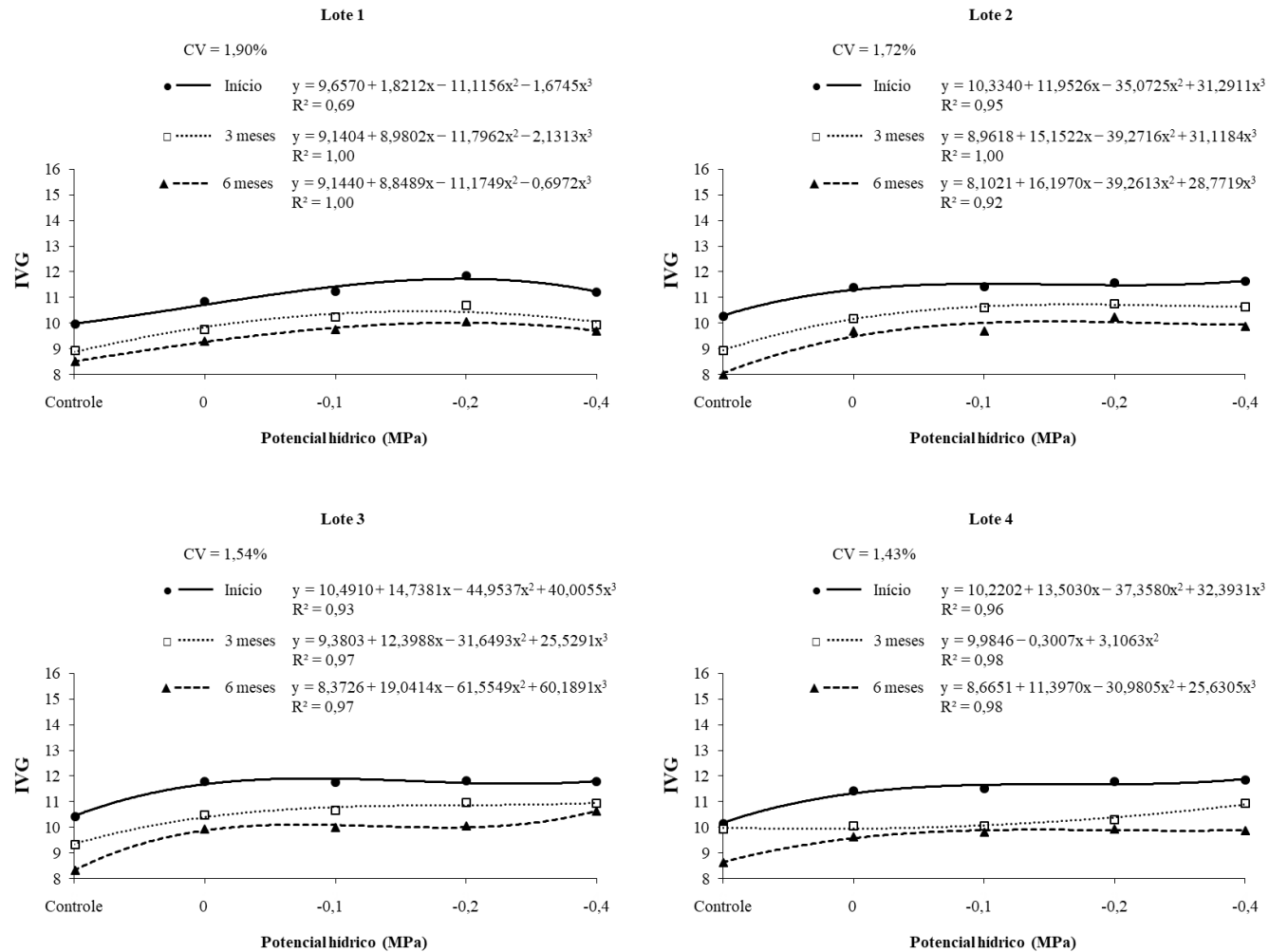


Figura 3.4 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos a temperatura de 10 °C, no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05).

Estes resultados estão de acordo com os de Zengh et al. (1994), em que sementes de canola após a aplicação do *priming* apresentaram maior taxa de germinação e vigor, em relação às não submetidas ao procedimento, quando expostas a temperatura de 10 °C. O mesmo foi observado por Bodsworth e Bewley (1981) em sementes de cevada; os autores constataram que o *priming* com solução de PEG 6000 (-0,1 MPa por 2 dias a 10 °C) pode ser usado para aumentar a uniformidade e a rapidez da germinação em baixa temperatura (10 °C).

De maneira geral, o *priming* foi benéfico para as sementes de cevada, com a manutenção dos efeitos durante o período de seis meses de armazenamento. A redução do tempo para a protrusão da raiz primária é uma das vantagens da aplicação do *priming* em sementes, visando ao estabelecimento das plântulas em condições de limitação da temperatura de forma rápida e uniforme (BEWLEY; BLACK, 1994).

3.3.1.2 Água

Quanto a disponibilidade de água, o *priming* não influenciou significativamente a porcentagem de germinação das sementes de cevada (Tabela 3.3). Comparando as sementes submetidas ou não a esta técnica foi possível observar que não houve interação estatística tanto entre os métodos adotados quanto entre os períodos de armazenamento.

Apesar da porcentagem de germinação ser similar, após o *priming*, as sementes dos lotes 1 e 2 apresentaram diferenças estatísticas significativas quanto ao comprimento da raiz primária das plântulas em condições de baixa disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG 6000) (Figura 3.5). Para os lotes 1 e 2 e para os períodos de armazenamento considerados, o modelo mais adequado para descrever os dados foi o representado pela função quadrática no início e aos três meses de armazenamento, e pela função cúbica no sexto mês, com coeficientes de determinação variando de 0,72 a 0,99.

No entanto, o mesmo não foi observado para as sementes dos lotes 3 e 4, consideradas como mais vigorosas (Tabela 3.4). De maneira geral, para as sementes vigorosas os efeitos do *priming* são limitados, uma vez que as sementes já expressam elevada qualidade. O aumento do comprimento da raiz primária das plântulas pode ser vantajoso, já que as plantas com maior expansão do sistema radicular possuem tendência de serem mais resistentes à restrição hídrica, proporcionando condições para o desenvolvimento da planta e posterior recuperação da parte aérea, uma vez que a redução da expansão foliar é uma das primeiras respostas à disponibilidade inadequada de água (TOORCHI et al., 2009).

Tabela 3.3 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação conduzido em limitação da disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Germinação (%) ^{ns}		
	Lote 1		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	67	65	59
0	68	64	61
-0,1	69	65	63
-0,2	70	67	63
-0,4	69	68	64
CV (%)	7,24		
	Lote 2		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	69	63	60
0	68	63	60
-0,1	68	64	60
-0,2	69	66	62
-0,4	68	67	63
CV (%)	8,41		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	76	73	68
0	76	73	68
-0,1	79	75	70
-0,2	78	74	71
-0,4	79	75	72
CV (%)	6,42		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	77	75	72
0	79	77	73
-0,1	81	78	74
-0,2	78	76	73
-0,4	80	78	74
CV (%)	6,26		

ns = não significativo ($P < 0,05$) pelo teste F.

Além disso, após o *priming* das sementes de cevada, os valores médios determinados para o índice de velocidade de germinação foram superiores aos verificados no controle, independentemente do lote avaliado (Figura 3.6). Baseado na análise de regressão dos dados da velocidade de germinação, foi possível observar um efeito quadrático no início e aos três meses de armazenamento, bem como um efeito cúbico aos seis meses.

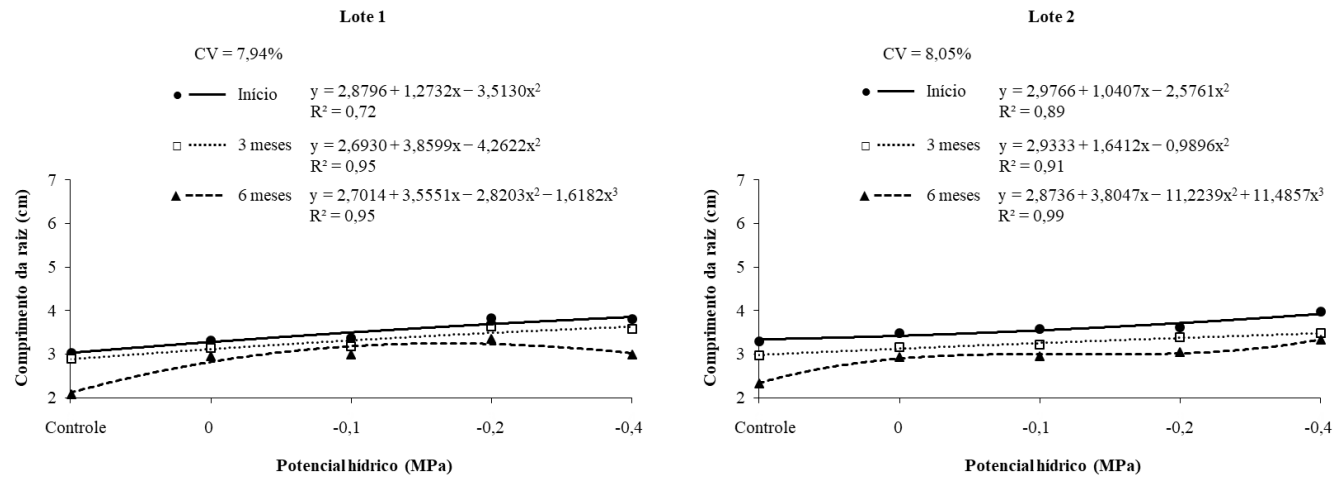


Figura 3.5 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos em limitação da disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05).

Tabela 3.4 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos em limitação da disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Comprimento da raiz (cm) ^{ns}		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	3,04	2,92	2,51
0	3,27	3,22	2,72
-0,1	3,61	3,15	2,98
-0,2	3,52	3,16	2,98
-0,4	3,51	3,11	2,98
CV (%)	10,06		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
	Controle	3,25	2,95
0	3,58	3,36	2,83
-0,1	3,95	3,39	2,83
-0,2	4,11	3,42	3,09
-0,4	4,02	3,55	2,80
CV (%)	8,74		

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

Observações semelhantes às obtidas para a velocidade de germinação foram relatadas por Tabatabaei (2013) e Khafagy et al. (2017) em condições limitadas de água. Tabatabaei (2013) demonstrou que o *priming* das sementes de cevada com PEG 6000 (-0,8 MPa por 24 horas a 15 °C) favoreceu a porcentagem e a velocidade de germinação e a emergência das plântulas em restrição hídrica (-0,4; -0,8; -1,2 e -1,4 MPa de PEG 6000). Khafagy et al. (2017) também observaram que o *priming* aumentou significativamente a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes de cevada quando submetidas a exposição em meio com baixa disponibilidade de água (-0,1; -0,2 e -0,3 MPa de PEG 6000).

Dentre as técnicas do *priming* utilizadas, as soluções -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 favoreceram o vigor das sementes de cevada, apresentando os maiores valores absolutos (Figuras 3.5 e 3.6). No entanto, o *priming* com água, de um modo geral, também proporcionou incrementos no vigor em condições limitadas de água, revelando que este é um método eficiente. Abbasdokht, Edalatpishe e Gholami (2010) constataram, para sementes de trigo, que o *priming* com água por 18 horas a 20 °C proporcionou acréscimos no vigor quando as sementes germinaram em soluções -0,4; -0,8 e -1,2 MPa de NaCl e de PEG 6000, respectivamente.

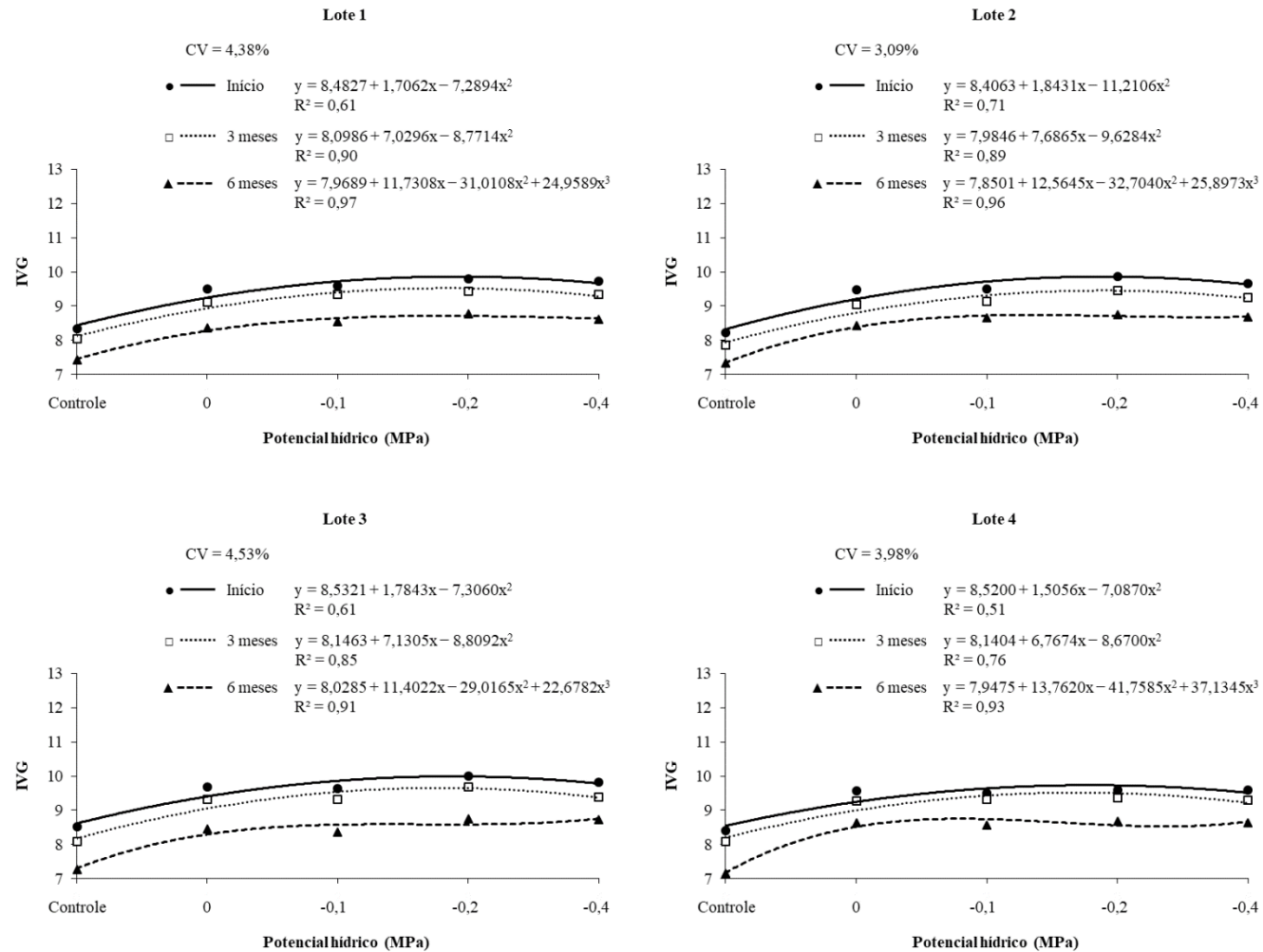


Figura 3.6 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos em limitação da disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F ($P < 0,05$).

Além disso, os resultados indicaram que o vigor, determinado pela velocidade de germinação das sementes e pelo comprimento da raiz primária das plântulas, reduziu no sexto mês de armazenamento, para as sementes submetidas ou não ao *priming* (Figuras 3.5 e 3.6). Apesar disso, todas as técnicas do *priming* empregadas superaram o controle em valores absolutos, indicando que os efeitos benéficos deste procedimento foram mantidos durante o período de armazenagem.

3.3.1.3 Salinidade

Não houve diferença estatística significativa entre a porcentagem de germinação das sementes de cevada quando mantidas em solução salina (-0,7 MPa de NaCl) (Tabela 3.5). Foi possível verificar que para as sementes do controle, independentemente do lote considerado, a germinação foi similar a das sementes em que foi aplicado o *priming*.

Na avaliação do comprimento da raiz primária, os resultados das sementes dos lotes 1 e 2, classificadas como menos vigorosas, apresentaram diferenças estatísticas significativas quando as sementes foram submetidas ou não ao *priming* (Figura 3.7). Os valores médios do comprimento da raiz se ajustaram a equações de efeito quadrático no início e aos três meses de armazenagem e de efeito cúbico no sexto mês, apresentando coeficientes de determinação com variação de 0,62 a 0,98. De acordo com Rebouças et al. (1989) a concentração de sais no substrato causa redução no potencial hídrico do meio germinativo, o que diminui a absorção da água pelas sementes, influenciando a germinação e o desenvolvimento das plântulas.

No entanto, para as sementes dos lotes 3 e 4, consideradas como mais vigorosas, não foram observados efeitos significativos, indicando que a interferência da aplicação do *priming* é dependente da qualidade inicial das sementes (Tabela 3.6). Neste contexto, é possível afirmar que para sementes de vigor intermediário há benefícios decorrentes do *priming* para o comprimento da raiz primária das plântulas em condições de salinidade.

Comparando os resultados observados para as sementes de cevada dos lotes 1 e 2, o *priming* com as soluções -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 favoreceu o comprimento da raiz primária das plântulas em relação ao controle (Figura 3.7). Além disso, no sexto mês de armazenamento houve redução dos valores obtidos para o comprimento da raiz, entretanto, as sementes após o *priming* apresentaram médias estatisticamente superiores às do controle, evidenciando o efeito benéfico da aplicação desta técnica.

Tabela 3.5 - Valores médios de plântulas normais obtidos no teste de germinação conduzido em meio salino (-0,7 MPa de NaCl), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Germinação (%) ^{ns}		
	Lote 1		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	75	71	69
0	76	74	72
-0,1	76	73	73
-0,2	78	73	70
-0,4	77	73	69
CV (%)	4,73		
	Lote 2		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	76	71	69
0	78	75	73
-0,1	78	76	73
-0,2	78	76	73
-0,4	79	77	74
CV (%)	4,48		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	86	85	81
0	86	85	84
-0,1	88	88	85
-0,2	88	87	85
-0,4	88	88	86
CV (%)	3,06		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	86	85	80
0	87	86	83
-0,1	88	87	84
-0,2	87	87	83
-0,4	88	87	84
CV (%)	3,38		

ns = não significativo ($P < 0,05$) pelo teste F.

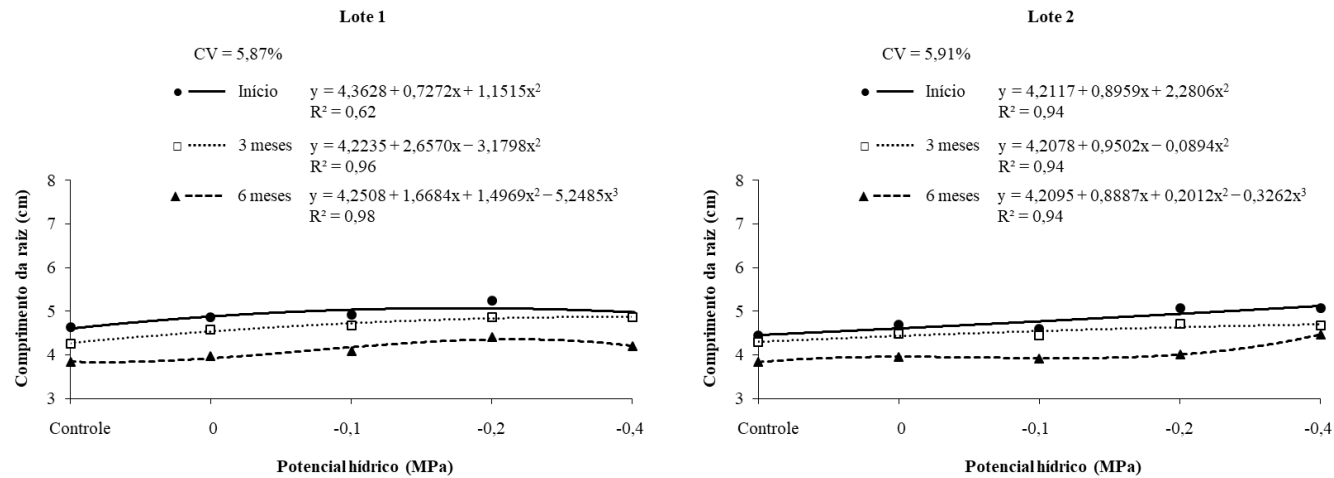


Figura 3.7 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos em meio salino (-0,7 MPa de NaCl), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 e 2, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05).

Tabela 3.6 - Valores médios do comprimento da raiz primária das plântulas obtidos em meio salino (-0,7 MPa de NaCl), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 3 e 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000).

Potencial hídrico (MPa)	Comprimento da raiz (cm) ^{ns}		
	Lote 3		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	4,53	4,13	3,64
0	5,07	4,80	4,04
-0,1	5,02	4,63	3,92
-0,2	5,20	4,90	4,10
-0,4	5,20	4,82	4,08
CV (%)	5,59		
	Lote 4		
	Início	3 meses	6 meses
Controle	4,73	4,39	3,51
0	5,15	4,68	3,95
-0,1	5,13	4,47	3,95
-0,2	5,61	4,93	3,99
-0,4	5,24	4,82	4,01
CV (%)	5,89		

ns = não significativo (P<0,05) pelo teste F.

Semelhante ao comprimento da raiz primária das plântulas, o modelo de ajuste mais adequado para os dados referentes ao índice de velocidade de germinação das sementes foi a regressão quadrática, no início e aos três meses de armazenamento, bem como uma relação cúbica no sexto mês, com coeficientes de determinação variando de 0,63 a 0,97 (Figura 3.8).

Além disso, valores inferiores do índice de velocidade de germinação das sementes e do comprimento da raiz primária das plântulas foram obtidos no sexto mês de armazenagem, tanto nas sementes controle quanto nas que foram submetidas ao *priming* com água destilada ou com soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 (Figuras 3.7 e 3.8), indicando que os efeitos da aplicação desta técnica foram mantidos aos seis meses de armazenamento em condições controladas (17 °C e 50% de UR do ar).

Ao comparar os valores médios obtidos em meio salino (-0,7 MPa de NaCl) com os observados em condições de limitação da disponibilidade de água (-0,7 MPa de PEG 6000), estes foram similares, uma vez que as sementes foram expostas ao mesmo potencial hídrico. Os dados médios verificados a partir das diferentes técnicas do *priming*, para as sementes submetidas à salinidade apresentaram maiores porcentagens de germinação, em valores absolutos, quando comparados a limitação da disponibilidade hídrica, porém, para ambas as

condições, os benefícios da aplicação do *priming* foram mantidos ao longo do período de armazenamento.

Assim, a utilização das sementes de cevada submetidas ao *priming* com água destilada ou com as soluções de PEG 6000 avaliadas pode favorecer a introdução desta espécie em regiões áridas e semi-áridas, uma vez que em todos os potenciais analisados foi possível verificar germinação mais rápida das sementes após o *priming*. Portanto, nas sementes em que foi aplicada esta técnica, a velocidade de germinação foi superior à do controle, evidenciando que em condições adversas do ambiente o *priming* preserva a qualidade das sementes de cevada.

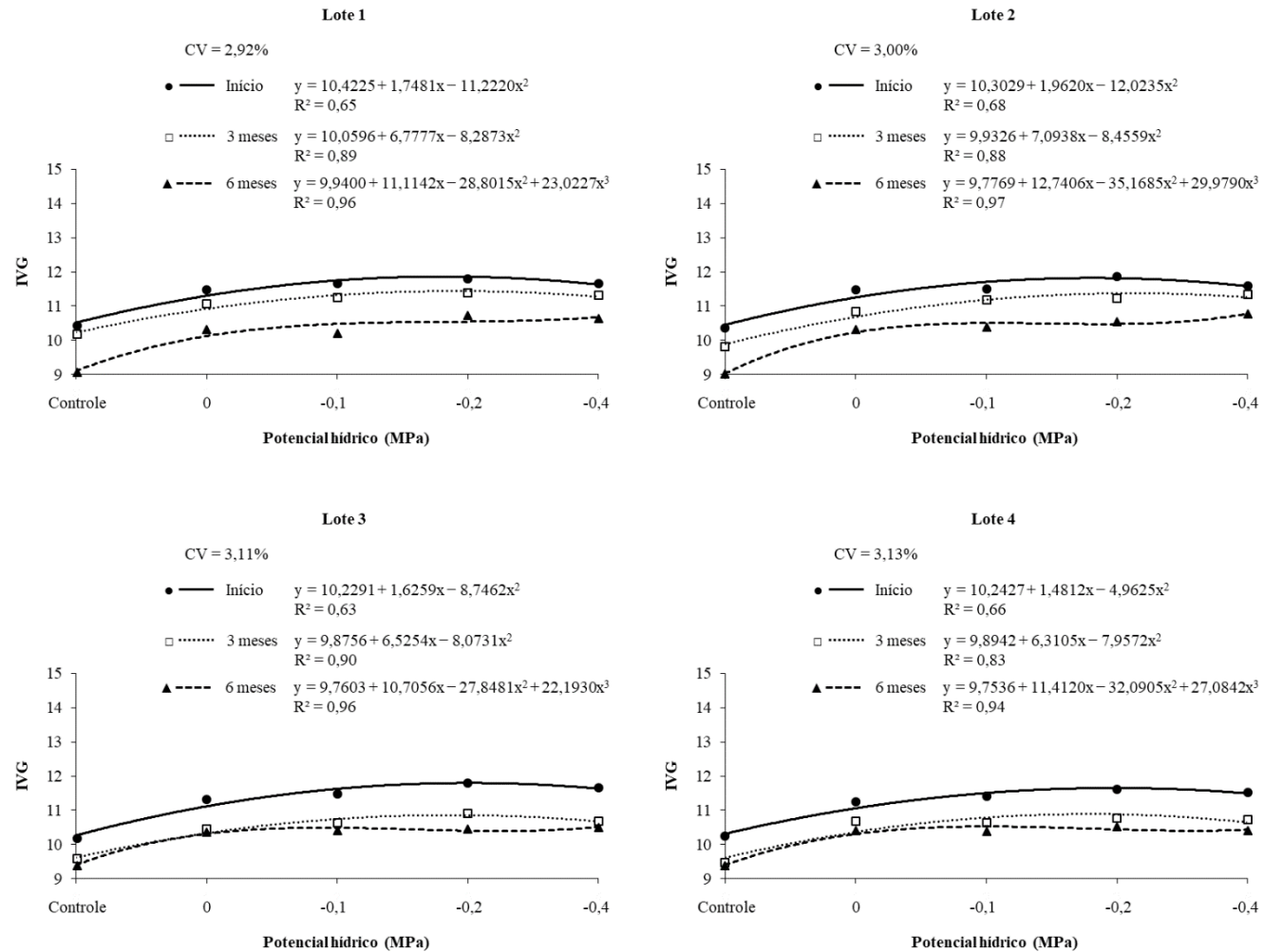


Figura 3.8 - Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) obtidos em meio salino (-0,7 MPa de NaCl), no início e aos três e seis meses de armazenamento das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, lotes 1 a 4, submetidas ou não (controle) ao *priming* a 15 °C por imersão em água destilada e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Teste F (P<0,05).

4 CONCLUSÕES

O *priming* das sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, com água destilada ou com soluções -0,1; -0,2 e -0,4 MPa de PEG 6000 favorece a velocidade de germinação das sementes de cevada e o comprimento da raiz primária das plântulas, em limitação da disponibilidade de água e temperatura e em condição de salinidade.

Os efeitos favoráveis do *priming* são mantidos durante o período de seis meses de armazenamento.

REFERÊNCIAS

ABBASDOKHT, H.; EDALATPISHE, M. R.; GHOLAMI, A. The effect of hydropriming and halopriming on germination and early growth stage of wheat (*Triticum aestivum* L.). **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 44, n. 1, p. 984-988, 2010.

AGUIAR, P. A. A. Pré-tratamento de sementes de arroz como meio de superar o efeito da salinidade na germinação e vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 1, n. 1, p. 65-70, 1979.

AHMAD, P.; HAKEEM, K. R.; KUMAR, A.; ASHRAF, M.; AKRAM, N. A. Salt-induced changes in photosynthetic activity and oxidative defense system of three cultivars of mustard (*Brassica juncea* L.). **African Journal Biotechnology**, v. 11, n. 11, p. 2694-2703, 2012.

AKERS, S. W.; BERKOWITZ, G. A.; RABIN, J. Germination of parsley seed primed in aerated solutions of polyethylene glycol. **HortScience**, v. 22, n. 2, p. 250-252, 1987.

AL-TARDEH, S.; IRAKI, N. Morphological and anatomical responses of two Palestinian tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars to salinity during seed germination and early growth stages. **African Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 30, p. 4788-4797, 2013.

AYERS, A. D.; HAYWARD, H. E. Method for measuring the effects of soil salinity on seed germination with observation on several crop plants. **Soil Science Proceedings of America Journal**, v. 13, n. 2, p. 224-226, 1948.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. Berlim: Springer-Verlag, 1982. v. 2, 375 p.

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

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Nova York: Springer, 2013. 392 p.

BLISS, R. D.; PLATT-ALOIA, K. A.; THOMSON, W. W. The inhibitory effect of NaCl on barley germination. **Plant Cell and Environment**, v. 9, n. 9, p. 727-733, 1986.

BODSWORTH, S.; BEWLEY, J. D. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. **Canadian Journal of Botany**, v. 59, n. 5, p. 672-676, 1981.

BRADFORD, K. J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, v. 21, n. 5, p. 1105-1112, 1986.

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

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

EL-SHARKAWI, H. M.; SPRINGUEL, I. Germination of some crop plant seeds under reduced water potential. **Seed Science and Technology**, v. 5, n. 4, p. 677-688, 1977.

FRANCO, M.; SILVERTOWN, J. Life history variations in plants: an exploration of the fast-slow continuum hypothesis. In: FRANCO, M.; SILVERTOWN, J.; HARPER, J. L. (Eds.). **Plant life histories**. Cambridge: Cambridge University, 1997. p. 210-227.

GEORGHIOU, K.; PSARAS, G.; MITRAKOS, K. Lettuce endosperm structural changes during germination under different light, temperature, and hydration conditions. **Botanical Gazette**, v. 144, n. 2, p. 207-211, 1983.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigor test methods**. Zürich: ISTA, 1995. 117 p.

KHAFAGY, M. A.; MOHAMED, Z. A. A. H.; FAROUK, S.; AMRAJAA, H. K. Effect of pre-treatment of barley grain on germination and seedling growth under drought stress. **Advances in Applied Sciences**, v. 2, n. 3, p. 33-42, 2017.

KHAN, A. A.; BRAUN, J. W.; TAO, K. L.; MILLIER, W. F.; BENSIN, R. F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. **Journal of Seed Technology**, v. 1, n. 2, p. 33-57, 1976.

KHAN, A. A.; PECK, N. H.; SAMIMY, C. Seed osmoconditioning, physiological and biochemical changes. **Israel Journal of Botany**, v. 29, n. 1/4, p. 133-144, 1980/81.

KHAN, A. A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, v. 13, n. 1, p. 131-181, 1992.

KHAN, M. A.; GUL, B. Halophyte seed germination. In: KHAN, M. A.; WEBER, D. J. (Eds.). **Eco-physiology of high salinity tolerant plants**. Netherlands: Springer, 2006. p. 11-30.

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

MONTEIRO, V. A. **Influência do nitrogênio na fenologia da cevada (*Hordeum vulgare* L.) cervejeira irrigada no cerrado**. 2009. 47 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 49-85.

OTHMAN, Y.; AL-KARAKI, G.; AL-TAWAHA, A. R.; AL-HORANI, A. Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 2, n. 1, p. 11-15, 2006.

OZHAN, N.; HAJIBABAEI, M. Studies on effectiveness of plant phytohormones in reduction of salinity effects on germination of some cultivar of spring wheat. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v. 2, n. 12, p. 2860-2866, 2014.

PARIDA, A. K. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, n. 3, p. 324-349, 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

REBOUÇAS, M. A.; FAÇANHA, J. G. V.; FERREIRA, L. G. R.; PRISCO, J. T. Crescimento e conteúdo de N, P, K e Na em três cultivares de algodão sob condições de estresse salino. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1, n. 1, p. 79-85, 1989.

ROUHOLLAH, A. Drought stress tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by priming with PEG. **International Journal of Farming and Allied Sciences**, v. 2, n. 20, p. 803-808, 2013.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682 p.

SUNG, F. J. M.; CHANG, Y. H. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. **Seed Science and Technology**, v. 21, n. 1, p. 97-105, 1993.

TABATABAEI, S. A. Effect of osmo-priming on germination and enzyme activity in barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds under drought stress conditions. **Journal of Stress Physiology and Biochemistry**, v. 9, n. 4, p. 25-31, 2013.

TABATABAEI, S. A. The effects of salinity stress on seed reserve utilization and germination percentage of treated seeds of barley (*Hordeum vulgare* L.). **Cercetari Agronomice in Moldova**, v. 47, n. 1, p. 23-29, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013. 918 p.

TOORCHI, M.; YUKAWA, K.; NOURI, M. Z.; KOMATSU, S. Proteomics approach for identifying osmotic-stress-related proteins in soybeans roots. **Peptides**, v. 30, n. 12, p. 2108-2117, 2009.

TURK, M. A.; TAWAHA, A. M. Seed germination and seedling growth of two barley cultivars under moisture stress. **Research on Crops**, v. 3, n. 3, p. 467-472, 2002.

VILELLA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

YACOUBI, R.; JOB, C.; BELGHAZI, M.; CHAIBI, W.; JOB, D. Proteomic analysis of the enhancement of seed vigour in osmoprimer alfalfa seeds germinated under salinity stress. **Seed Science Research**, v. 23, n. 2, p. 99-110, 2013.

ZENGH, G. H.; WILEN, R. W.; SLINKARD, A. E.; GUSTA, L. V. Enhancement of canola seed germination and seedling emergence at low temperature by priming. **Crop Science**, v. 34, n. 5, p. 1589-1593, 1994.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos nestes três capítulos da pesquisa é possível considerar que o *priming* pode ser uma alternativa para as sementes de cevada.

Esta técnica é utilizada, principalmente, em sementes pequenas, como as de hortaliças, floríferas e gramíneas forrageiras, em função da maior facilidade de aplicação e porque em sementes maiores a hidratação prévia pode predispor a deterioração.

No entanto, a aplicação do *priming* em sementes de cevada, cultivar BRS Cauê, apresentou efeitos benéficos na velocidade de germinação destas sementes e emergência das plântulas. Além de favorecer o crescimento das raízes primárias permitindo um melhor desenvolvimento em inadequações ambientais, como as limitações da disponibilidade de água e temperatura e as condições de salinidade.