

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Juliana da Rosa da Silva

**Itaqui, RS, Brasil
2014**

JULIANA DA ROSA DA SILVA

CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Vanessa Neumann Silva

Itaqui, RS, Brasil
2014

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S586 Silva, Juliana da Rosa da
Condicionamento Fisiológico de Sementes de Arroz /
Juliana da Rosa da Silva.
48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Universidade Federal do Pampa, BACHARELADO EM AGRONOMIA,
2014.
"Orientação: Vanessa Neumann Silva".

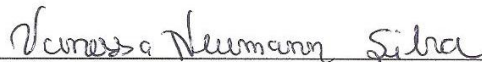
1. Oryza sativa. 2. Hidrocondicionamento. 3.
Bioestimulante. 4. Ácido bórico. 5. Sulfato de zinco. I.
Título.

JULIANA DA ROSA DA SILVA

CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

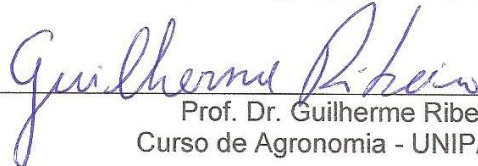
Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 14 de agosto de 2014.
Banca examinadora:



Prof.^a. Dr.^a. Vanessa Neumann Silva
Orientadora
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof. Dr. Marcos Toebe
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof. Dr. Guilherme Ribeiro
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Dedico este trabalho aos meus pais, Lídio Antônio de Paula da Silva (*in memoriam*) e Izet da Rosa da Silva e à minha filha Mariana Silva Santin, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força, coragem e determinação para chegar até aqui.

À minha mãe Izet da Rosa da Silva, que me apoiou e se dedicou a mim e principalmente a minha filha quando eu me fazia ausente, dando- lhe amor, carinho e atenção.

Ao meu pai Lídio Antônio da Silva (*in memorian*), pelos exemplos de honestidade e trabalho a mim passados.

À minha filha Mariana Silva Santin, minha grande amiga e companheira que me motivou a concluir o curso.

À Prof^a. Dr^a. Vanessa Neumann Silva, minha orientadora, pela paciência, dedicação e auxílio em todas as atividades realizadas. Muito obrigada.

Às colegas, Fernanda Lucero, Joseani Talhaferro e Ketlen Rey pelo auxílio e companheirismo na execução deste projeto.

A todos as pessoas que, de uma forma ou de outra me auxiliaram na execução deste trabalho.

O único “sucesso” que vale a pena, é aquele que nos dá o direito de no final do dia deitar a cabeça no travesseiro e dormir feliz, sabendo que você foi o ser humano que você podia ter sido.

Padre Fábio de Mello

RESUMO

CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ

Autor: Juliana da Rosa da Silva

Orientador: Prof^a. Dr^a. Vanessa Neumann Silva

Local e data: Itaquí, 14 de agosto 2014.

O condicionamento fisiológico é uma técnica que compreende a hidratação controlada das sementes até atingir nível suficiente para ativar os processos preparatórios essenciais à germinação, sem permitir a protrusão da raiz primária. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico na germinação e potencial fisiológico das sementes de arroz. Foram utilizadas sementes de arroz das cultivares Puitá Inta CL e Inov CL, representadas por um lote cada. Os tratamentos constituíram-se de: testemunha, hidrocondicionamento, condicionamento com o bioestimulante Stimulate[®] na dose de 0,5 L 100 kg⁻¹ semente, condicionamento com solução de ácido bórico na concentração de 0,08M e condicionamento com solução de sulfato de zinco na concentração de 0,04M, com quatro repetições para cada tratamento. Previamente ao condicionamento, foram realizadas as curvas de hidratação das sementes, para determinação do tempo ideal de condicionamento. Após o condicionamento, as sementes foram avaliadas quanto à germinação, crescimento de plântulas, eficiência do uso do endosperma, teste de frio e emergência de plântulas. Os procedimentos de condicionamento fisiológico utilizados nesta pesquisa não contribuíram para melhoria da germinação e do potencial fisiológico das sementes de arroz das cultivares Puitá Inta CL e Inov CL. O uso de ácido bórico prejudicou o desempenho de sementes de arroz de ambas cultivares.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, hidrocondicionamento, bioestimulante, ácido bórico, sulfato de zinco.

ABSTRACT

RICE SEED PRIMING

Author: Juliana da Rosa da Silva

Advisor: Prof^a. Dr^a. Vanessa Neumann Silva

Date: Itaquí, august, 14, 2014.

Seed priming is a technique that involves the controlled hydration of seeds up to reach the right level to activate the essential metabolic process of germination, without allow radicle protrusion. The aim of this study was to evaluate the effect of different procedures of priming on germination and seed physiological potential of rice seeds. Rice seeds, cultivars Puita Inta CL and Inov CL, each represented by one lot were used. The treatments consisted of: non-primed seeds, hydropriming, primed with biostimulating Stimulate[®] at dose of 0.5 L 100 kg⁻¹ seed, priming with 0.08 M boric acid solution and priming with 0.04 M zinc sulfate solution, with four replications for each treatment. Before seed priming, seeds hydration curves were determining to allow identifying the best time to procedure the seed conditioning process. After priming, seeds were evaluated by germination and physiological potential, by germination test, seedling growth, efficiency of endosperm use, cold test and seedling emergence. Priming procedures used in this study did not contribute to improve germination and seed physiological potential of rice cultivars Puita Inta CL and Inov Cl. Boric acid seed priming had a negative effect on seed performance of both cultivars.

Key words: *Oryza sativa*, hydropriming, bioestimulant, boric acid, zinc sulfate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sequência de atividades durante a germinação de sementes de arroz.....	18
Figura 2- Procedimento de condicionamento.....	27
Figura 3- Curvas de embebição de sementes de arroz, cultivar Puitá.....	31
Figura 4- Curvas de embebição de sementes de arroz, cultivar Inov.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores médios de germinação (%) de sementes de arroz, cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.....33

Tabela 2- Valores médios de eficiência de uso do endosperma de sementes de arroz, em condições normais de germinação (TG) e no teste de frio (TF), cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.....35

Tabela 3- Valores médios de comprimento de parte aérea (CPA), de raiz (CR) e massa seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de plântulas de arroz, cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.....36

Tabela 4- Valores médios de germinação no teste de frio (TF), comprimento de parte aérea (CPA), de raiz (CR) e massa seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de plântulas de arroz, cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.....39

Tabela 5- Valores médios de emergência de plântulas (EP), comprimento de parte aérea (CPA), de raiz (CR) e massa seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de plântulas de arroz, cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.....41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	A cultura do arroz.....	16
2.2	Germinação de sementes de arroz.....	16
2.3	Condicionamento fisiológico de sementes.....	17
2.4	Importância dos micronutrientes para germinação e potencial fisiológico de sementes.....	21
2.5	Efeito de bioestimulantes na germinação e potencial fisiológico de sementes.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1	Material utilizado e tratamentos.....	25
3.2	Curvas de hidratação.....	25
3.3	Condicionamento fisiológico.....	26
3.4	Avaliação da germinação.....	28
3.5	Avaliação do potencial fisiológico.....	28
3.5.1	Crescimento de plântulas.....	28
3.5.2	Teste de frio.....	29
3.5.3	Crescimento de plântulas no teste de frio.....	29
3.5.4	Teste de emergência de plântulas em telado.....	29
3.5.5	Crescimento de plântulas em telado.....	29
3.5.6	Teste de eficiência do uso do endosperma.....	30
3.6	Delineamento experimental e análise estatística.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1	Curvas de hidratação.....	31
4.2	Efeito do condicionamento fisiológico na germinação.....	33
4.3	Efeito do condicionamento fisiológico no potencial fisiológico de sementes.....	35
4.3.1	Efeito do condicionamento fisiológico no crescimento de plântulas.....	35
4.3.2	Efeito do condicionamento fisiológico na germinação e crescimento de plântulas em baixas temperaturas.....	38
4.3.3	Efeito do condicionamento fisiológico na emergência e crescimento de plântulas	40
5	CONCLUSÃO.....	43
6	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A qualidade das sementes utilizadas em sistemas agrícolas é fundamental para o sucesso do estabelecimento de plantas e pode influenciar na produtividade das culturas. Algumas técnicas podem ser utilizadas para melhoria do potencial fisiológico de sementes, dentre estas a do condicionamento fisiológico.

O condicionamento fisiológico é uma técnica aplicada às sementes, antes da semeadura, que visa influenciar o desenvolvimento das plântulas por meio da indução das atividades metabólicas que, geralmente, aceleram a germinação das sementes e uniformizam o desenvolvimento das plântulas (BRADFORD, 1986). Além desses benefícios, outros são também atribuídos aos efeitos do condicionamento fisiológico, como a redução de injúrias durante a fase de embebição, a tolerância aos estresses durante a germinação e a superação da dormência de sementes de algumas espécies (COPELAND; McDONALD, 2001).

Esta técnica pode ser realizada com uso de água, sais ou agentes reguladores de potencial osmótico e mátrico (MARCOS FILHO, 2005). Recentemente, tem sido proposto o uso de micronutrientes (FAROOQ et al., 2012) com objetivo de melhorar o potencial fisiológico das sementes, assim como de reguladores de crescimento (KAREEM; ISMAIL, 2013; GHOBADI et al., 2012; YARNIA; TABRIZI, 2012).

Como não existem resultados conclusivos a respeito do uso desta técnica para melhoria do potencial fisiológico de sementes de arroz, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico na germinação e potencial fisiológico de sementes de arroz das cultivares Puitá Inta CI e Inov CI.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do arroz

Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz destaca-se pela produção e área de cultivo, sendo um dos mais importantes grãos em termos de valor econômico. Cerca de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, onde mais de 75% desta produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado. É alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas e, segundo estimativas, até 2050, haverá uma demanda para atender ao dobro desta população (ALONSO et al., 2005). No Rio Grande do Sul, maior produtor nacional, a área cultivada com arroz na safra 2013/14, foi estimada em 1.113,5 mil hectares (CONAB, 2014).

O arroz é cultivado nas mais diversas condições ambientais, porém, quando comparado a outros cereais como a aveia ou o trigo, é sensível às baixas temperaturas (OKUNO, 2003). A ocorrência de frio é um dos principais problemas para o cultivo do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, já que a grande maioria das cultivares em uso é de origem tropical. A ocorrência de baixas temperaturas, aliadas à suscetibilidade dos materiais utilizados pode causar sérios danos no estabelecimento da lavoura, diminuindo o estande inicial e favorecendo, por consequência, o estabelecimento de plantas daninhas (CRUZ, 2001). Neste sentido, a produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul tem sofrido fortes oscilações ao longo dos anos, ocasionadas, fundamentalmente, pelas condições climáticas, onde a ocorrência de baixas temperaturas tem sido um dos principais fatores determinantes dessa variabilidade nos níveis de produtividade (STEINMETZ et al., 1996).

2.2 Germinação de sementes de arroz

A temperatura ideal para a germinação de sementes de arroz é 25 °C, no entanto, em algumas regiões do estado do RS, quando realiza-se a semeadura antecipada pode ocorrer temperaturas abaixo deste nível, o que pode prejudicar a germinação das sementes, atrasando o crescimento e estabelecimento de plantas no campo.

A ocorrência de baixas temperaturas na fase inicial de germinação pode ser prejudicial porque altera o funcionamento das membranas celulares (MURPHY e NOLAND, 1982), provocando lentidão na retomada do metabolismo celular e conseqüentemente na mobilização de reservas e liberação de energia para o processo de germinação.

Trabalhando com sementes de arroz, Mertz et al. (2009) constataram que a exposição das sementes a 10 °C nos primeiros sete dias de germinação causaram estresse, reduzindo à germinação em todas cultivares avaliadas. Sharifi (2010) avaliando a tolerância ao frio na germinação de sementes de diferentes cultivares de arroz verificou que as sementes submetidas às condições normais de temperatura começaram a germinar com 36 horas de embebição, contudo, quando estas foram submetidas às temperaturas mais baixas, houve atraso na germinação e no desenvolvimento de plântulas.

Percebe-se, portanto, que as baixas temperaturas são prejudiciais à germinação, podendo interferir de forma significativa no estabelecimento de plântulas a campo. Sendo interessante o estudo de tratamentos que propiciem maior velocidade e porcentagem de germinação em condições de estresse, como as baixas temperaturas, por exemplo.

2.3 Condicionamento fisiológico de sementes

O condicionamento fisiológico é uma técnica que compreende a hidratação controlada das sementes até atingir nível suficiente para ativar os processos preparatórios essenciais à germinação, sem permitir a protrusão da raiz primária. Desse modo, a hidratação deve ocorrer em velocidade que permita a reparação e/ou reorganização das membranas, reduzindo riscos de danos relacionados à rápida absorção de água (SANTOS; MENEZES, 2000). O período de hidratação das sementes varia com as suas propriedades, nível de hidratação do substrato, permeabilidade do tegumento, tamanho das sementes, além da absorção de oxigênio e temperatura (PINHO et al., 2004).

Para a realização do condicionamento fisiológico, quantidades de água previamente estabelecidas são adicionadas às sementes para que as atividades metabólicas da germinação ocorram, antes que haja a protrusão da raiz primária, esta sinaliza o início da fase III da curva de embebição e caracteriza a perda da

tolerância das sementes à dessecação; em seguida, as sementes podem ser utilizadas ou passarem pelo processo de secagem retornando ao grau de umidade inicial (McDONALD, 2000). Portanto, é necessário determinar o momento apropriado para finalizar o fornecimento de água para as sementes; se a interrupção no fornecimento de água à semente for prematura, a ativação do metabolismo pode ser insuficiente para uniformizar o desempenho da amostra e, quando tardia, pode intensificar a possibilidade de reversão dos efeitos do condicionamento (MARCOS FILHO, 2005).

Assim, é fundamental o conhecimento do padrão de hidratação das sementes para a identificação do momento ótimo para finalizar o condicionamento fisiológico das sementes. O processo de hidratação das sementes ocorre de acordo com um padrão trifásico de absorção de água e hidratação dos tecidos, sob condições ideais de suprimento de água, que são divididos em fase I, II e III, (BEWLEY; BLACK, 1994). Na figura 1, observa-se um padrão estabelecido para sementes de arroz.

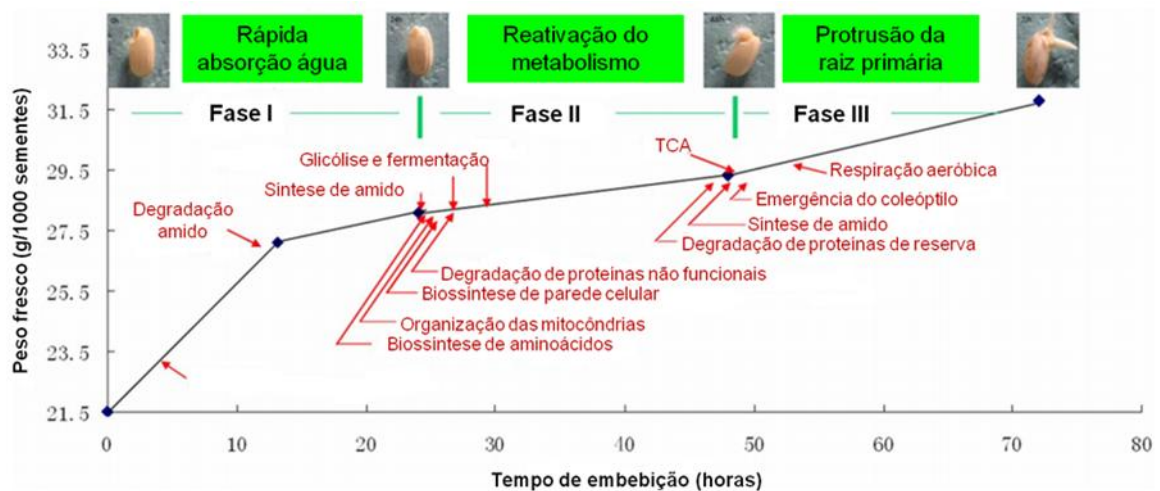


FIGURA 1- Sequência de atividades durante a germinação de sementes de arroz, adaptado de Yang et al. (2007).

Durante a fase I, conhecida por embebição, ocorre a absorção rápida da água, em função da diferença entre os potenciais de água da semente e do substrato, independentemente se a semente está viva ou morta, ou seja, é um processo decorrente do gradiente do potencial hídrico entre a semente e o ambiente (BRADFORD, 1986).

Na fase II, intensificam-se os processos bioquímicos preparatórios, ocorre à diminuição da velocidade de absorção de água na semente, tendendo ao equilíbrio

entre os potenciais, sendo que nesta fase as células das sementes não podem mais absorver água devido ao potencial de turgescência ser máximo. Nessa fase, são ativados os processos metabólicos requeridos para o desenvolvimento do embrião e para a conclusão do processo germinativo e, ainda, há tolerância das sementes à desidratação (BRADFORD, 1986).

A fase III é caracterizada pelo aumento do conteúdo de água da semente, que ocorre em função da protrusão da raiz primária e do aumento do consumo de água pelo embrião em desenvolvimento. Na fase III, com o metabolismo ativado em função da produção de substâncias osmoticamente ativas, há a redução do potencial hídrico das sementes, resultando em rápida absorção de água do meio. A partir dessa fase, a semente se torna intolerante à secagem (BRADFORD, 1986).

Devido a esses conhecimentos sobre o padrão trifásico da hidratação das sementes foi estabelecido que absorção de água em sementes submetidas ao condicionamento fisiológico não deve exceder o início da fase III da hidratação, pois a fase II é suficiente para ativação do metabolismo das sementes e, também, a partir da fase III há restrição quanto à dessecação (BRADFORD, 1986).

Existem diferentes métodos de condicionamento fisiológico, de acordo com o tipo de metodologia estabelecida para o fornecimento de água às sementes, sendo estes: hidrocondicionamento, matricondicionamento e osmocondicionamento. O hidrocondicionamento consiste na hidratação da semente apenas com uso de água. O condicionamento osmótico ou osmocondicionamento consiste na imersão direta das sementes em solução osmótica aerada e de baixo potencial hídrico. O condicionamento mátrico tem como princípio o uso de uma matriz sólida insolúvel para a transferência de água para as sementes (COPELAND; McDONALD, 2001).

Na escolha do método de condicionamento fisiológico algumas peculiaridades devem ser levadas em consideração. Quando o condicionamento fisiológico é efetuado com uso de soluções osmóticas (osmocondicionamento) ou por meio da utilização de materiais sólidos (matricondicionamento), pode haver dificuldades, principalmente para a manipulação dos compostos químicos destinados ao tratamento osmótico ou para a eliminação de resíduos provenientes dos substratos sólidos do condicionamento mátrico (WARREN; BENNET, 1999). Desta forma o hidrocondicionamento destaca-se entre as técnicas por utilizar água ao invés de sais, evitando a possível interferência de substâncias indesejáveis e nocivas às sementes, durante a hidratação (TILDEN; WEST, 1985).

Os efeitos benéficos do condicionamento fisiológico das sementes dependem de vários fatores como o genótipo, a deterioração, o período de tratamento, a temperatura, o tamanho das sementes, a velocidade de absorção de água, o grau de hidratação das sementes, a aeração, o tipo de secagem e as condições e períodos de tratamento (COPELAND; McDONALD, 2001).

No entanto, esses efeitos são influenciados por muitas variáveis, como método para o condicionamento, período e temperatura durante o tratamento, espécie e cultivar e potencial fisiológico inicial do lote utilizado, de forma que não há um procedimento único para o condicionamento de sementes de diferentes espécies (WELBAUM et al., 1998).

Os principais benefícios promovidos pelo condicionamento fisiológico de sementes são a rapidez e uniformidade na emergência de plântulas (KIKUTI; MARCOS FILHO, 2008) e a tolerância das sementes a condições ambientais menos favoráveis (NASCIMENTO, 2005; PEREIRA et al., 2009). Trabalhando com sementes de arroz Ahmad et al. (2013) verificaram que o condicionamento propiciou maior emergência de plântulas, altura de plantas e produtividade, assim como Rehman et al. (2011) para sementes de arroz condicionadas com cloreto de cálcio e Hussian et al. (2013) para sementes de trigo.

Recentemente, tem sido sugerido o uso do condicionamento fisiológico com micronutrientes. Segundo Farooq et al. (2012), a aplicação de micronutrientes por meio de tratamento de sementes pode apresentar-se como melhor alternativa, em muitos casos, de fornecimento de nutrientes que outros métodos.

Outra forma de condicionamento fisiológico de sementes é o uso de soluções com reguladores de crescimento vegetal. Ghobadi et al. (2012) relatam que o condicionamento de sementes de trigo com giberelina (50 ppm por 24 h) proporcionou maior germinação e crescimento de plântulas. Yarnia e Tabrizi (2012) relatam melhorias na germinação e no crescimento de plântulas de sementes de cebola condicionadas com ácido indol acético, GA3 e Cinetina. Santos et al. (2013) verificaram que o condicionamento de sementes de girassol com o bioestimulante vegetal Stimulate[®] incrementou a germinação, promovendo a formação de plântulas mais vigorosas e reduzindo a porcentagem de plântulas anormais, além de promover maior porcentagem de emergência de plântulas.

2.4 Importância dos micronutrientes para germinação e potencial fisiológico de sementes

Para o crescimento e desenvolvimento vegetal adequado, as plantas necessitam de elementos essenciais, sendo estes minerais, os quais, a depender da quantidade necessária, são chamados de macronutrientes ou micronutrientes.

Embora os micronutrientes sejam necessários em quantidades relativamente menores, são tão importantes quanto os macronutrientes. Se qualquer elemento faltar no solo ou não esteja adequadamente equilibrado com outros nutrientes, pode haver supressão ou até mesmo a inibição completa do crescimento vegetal (MENGEL et al., 2001).

Em plantas cultivadas, os micronutrientes podem ser aplicados no solo, via foliar ou pulverizados adicionado como tratamentos de semente. Embora as quantidades requeridas de micronutrientes possam ser fornecidas por qualquer destes métodos, pulverizações foliares tem alto custo, o que muitas vezes restringe sua adaptação mais ampla, principalmente por agricultores com poucos recursos (JOHNSON et al., 2005). O tratamento de sementes é uma opção melhor do ponto de vista econômico, pois requer menor quantidade de micronutrientes, sendo de fácil aplicação (SINGH et al., 2003).

As sementes podem ser tratadas com micronutrientes ou por imersão em solução de nutrientes de uma concentração conhecida por uma duração específica (condicionamento fisiológico) ou por revestimento com micronutrientes (recobrimento). No condicionamento fisiológico com micronutrientes (nutripriming), micronutrientes são utilizados como agente penetrante (IMRAN et al., 2004; SINGH 2007). As sementes condicionadas têm geralmente germinação mais sincronizada (FAROOQ et al., 2009).

Várias pesquisas indicam o potencial do nutripriming na melhoria da produção de plantas cultivadas (FAROOQ et al., 2012). Dentre os micronutrientes importantes para as plantas, destacam-se o zinco (Zn) e o boro (B), os quais podem influenciar na germinação e desenvolvimento de plântulas.

O condicionamento fisiológico de sementes com Zn pode melhorar a emergência da cultura, estabelecimento do estande, e, subsequente, o crescimento e a produção. Por exemplo, o condicionamento de sementes de *Echinacea purpurea* com solução de $ZnSO_4$ na concentração de 0,05% provocou aumento na

germinação e emergência de campo em 38 e 41%, respectivamente (BABAEVA et al., 1999). Da mesma forma, em feijão, o condicionamento osmótico com Zn melhorou significativamente a produtividade (KAYA et al., 2007), assim como em cevada, melhorou a germinação e desenvolvimento de plântulas (AJOURI et al., 2004).

Trabalhando com sementes de trigo Ozturk et al. (2006) constataram maior quantidade de Zn em radículas e coleótilos durante a germinação de sementes (até 200 mg kg⁻¹) destacando, assim, o envolvimento de Zn em processos fisiológicos durante o desenvolvimento inicial da plântula, possivelmente em síntese de proteínas e no funcionamento das membranas (CAKMAK, 2000).

Outro importante micronutriente é o boro. A deficiência em B pode provocar reduções severas no rendimento das culturas, devido a distúrbios envolvendo processos metabólicos, tais como o metabolismo de ácidos nucléicos, carboidratos, proteínas e ácido indol acético (AIA), síntese da parede celular, integridade e função da membrana, e metabolismo de fenóis (DELL; HUANG, 1997; TANAKA; FUJIWAR, 2008). O B também é funcionalmente associado com um ou mais dos processos de utilização de cálcio, divisão celular e catalisador para certas reações (SPRAGUE, 1951).

Poucos estudos com relação ao uso de B no condicionamento fisiológico têm sido divulgados. Neste aspecto, alguns trabalhos revelam que concentrações de soluções de ácido bórico de 2 a 20 mM tiveram efeitos na germinação, tanto estimulando, quanto suprimindo, para várias culturas, incluindo nabo, girassol, soja, beterraba, alfafa, trigo e cevada (SHORROCKS, 1997).

Da mesma forma, sementes de arroz condicionadas com solução em concentração de 0,5% de ácido bórico não germinaram, enquanto que o condicionamento com soluções de concentração 0,001% e 0,1% propiciaram maior estabelecimento de plântulas de arroz (REHMAN et al., 2013).

2.5 Efeito de bioestimulantes na germinação e potencial fisiológico de sementes

O metabolismo, crescimento e morfogênese de plantas superiores dependem de sinais transmitidos de uma parte à outra da planta por mensageiros químicos e por reguladores de crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2010). Segundo Castro e Vieira

(2001), regulador de crescimento é um composto orgânico, não nutriente, de ocorrência natural, produzido na planta, e que em baixas concentrações (10- 4M) promove, inibe ou modifica processos morfológicos e fisiológicos do vegetal.

Processos como germinação, crescimento vegetativo, florescimento, frutificação e maturação são afetados por diversos fatores, sendo que reguladores de crescimento vegetal desempenham um papel importante no controle de desenvolvimento dos componentes da produtividade. Estas substâncias podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Quando aplicadas em sementes ou nas folhas, podem interferir em processos como germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência (CASTRO; MELOTTO, 1989).

Neste sentido, a utilização de reguladores vegetais em culturas que já possuem alto nível tecnológico, torna-se uma alternativa interessante. Com a descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias, muitos compostos e combinações desses produtos têm sido pesquisados com a finalidade de resolver problemas do sistema de produção e melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade (CASTRO; VIEIRA, 2003).

A aplicação de reguladores de crescimento via semente tem sido proposta por várias empresas. Esses reguladores são definidos como substâncias naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente nas plantas, em sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção e melhorar a qualidade de sementes. Entre as várias alterações os reguladores de crescimento influenciam o metabolismo protéico, podendo aumentar a taxa de síntese de enzimas envolvidas no processo de germinação das sementes (MCDONALD; KHAN, 1983).

Para atuar, os reguladores devem estar em quantidades suficientes, interagirem com as proteínas receptoras, para serem reconhecidos e capturados por cada um dos grupos de células (SALISBURY; ROSS, 1994).

Dentre as substâncias consideradas reguladores de crescimento vegetal estão as auxinas, as citocininas e as giberelinas, etileno e ácido abscísico, entre outras. O primeiro grupo de reguladores de crescimento vegetal descoberto pelo homem foi o das auxinas, que são responsáveis pelo crescimento das plantas, e influenciam diretamente nos mecanismos de expansão celular. Quanto às

citocininas, essas foram descobertas em estudos relacionados ao processo de divisão celular; além dessa atividade fundamental ao desenvolvimento do vegetal, outras atividades estão ligadas a esse regulador como a mobilização de nutrientes e a germinação de sementes, dentre outros (TAIZ; ZEIGER, 2010).

As auxinas são produzidas nos ápices dos caules, nas raízes, nas sementes em germinação, nos meristemas de cicatrização, nas folhas novas e nos frutos. Durante o processo de germinação as auxinas estão envolvidas na permeabilidade das membranas e possuem relação direta com o crescimento de plântulas (CASTRO et al., 1985; CASTRO; VIEIRA, 2001; ROSS, 1992).

As giberelinas têm papel chave na germinação de sementes, estando envolvidas tanto na superação da dormência como no controle de hidrólise das reservas, pela indução da síntese de novo da alfa amilase, enzima responsável pela hidrólise do amido (LEVITT, 1974). As giberelinas também estimulam o alongamento e divisão celular e atuam também em conjunto com a auxina (CASTRO et al., 1985). Segundo Copeland e McDonald (1995) foi demonstrado por Thomaz (1977) que as citocininas influenciam em vários processos controlados por fitocromos. Considerando que os fitocromos se localizam nas membranas celulares e podem alterar sua permeabilidade, por meio de sua orientação, as citocininas podem mediar germinação de sementes pela alteração na permeabilidade das membranas..

De acordo com Castro e Vieira (2001), a mistura de reguladores vegetais, pode ser chamada de estimulante vegetal ou bioestimulante, como o produto comercial Stimulate[®], por exemplo, o qual é constituído por 0,005% de ácido indolbutírico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico (giberelina). Trabalhando com sementes de girassol, Santos et al. (2013) verificaram que o condicionamento fisiológico de sementes de girassol com Stimulate[®] incrementou a germinação de sementes e propiciou a produção de plântulas mais vigorosas. Entretanto, não existem resultados publicados pela literatura científica a respeito do condicionamento fisiológico de sementes de arroz com biestimulantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de sementes e no campo experimental da Universidade Federal do Pampa, nas coordenadas geográficas 29° 12' 28" Sul e 56° 18' 28" Oeste, 74 m de altitude e, clima do tipo Cfa, subtropical sem estação seca definida, segundo classificação de Köppen, de abril a junho de 2014.

3.1 Material utilizado e tratamentos

Foram utilizadas sementes de arroz das cultivares Puitá Inta CL e Inov CL, representadas por um lote cada. Os tratamentos constituíram-se de: testemunhas não condicionadas (T1), hidrocondicionamento (T2), condicionamento com o bioestimulante Stimulate[®] na dose de 0,5 L⁻¹ 100 kg⁻¹ semente (T3), condicionamento com solução de ácido bórico (T4) na concentração de 0,008 M (JOHSON et al., 2005) e condicionamento com solução de sulfato de zinco (T5) na concentração de 0,004M (JOHSON et al., 2005), com quatro repetições.

3.2 Curvas de hidratação

Previamente ao condicionamento, foram realizadas as curvas de hidratação das sementes, para determinação do tempo ideal de condicionamento. Para tanto, quatro repetições de 5 gramas de sementes, de cada cultivar, foram distribuídas sobre três folhas de papel germiteste e cobertas com mais três folhas, sobre tela metálica, acoplada em caixas plásticas (11 x 11 x 3,5 cm) contendo 40 ml de água destilada em seu interior ou soluções com os micronutrientes ou bioestimulante.

As mesmas foram conduzidas a uma B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), regulada a 25°C, na qual permaneceram até a emissão da raiz primária; durante este período, as amostras foram retiradas em intervalos de uma hora até as 12 horas após o início do teste e de 3 horas a partir de 13 horas até o fim do teste e pesadas em balança de precisão de 0,0001 g. Após, foi calculada, por diferença de peso, a quantidade de água/solução absorvida pelas sementes, para cada tratamento, e foram elaboradas as curvas de hidratação e determinado o período oportuno para a interrupção do procedimento, o qual foi utilizado para efetuar o condicionamento.

Posteriormente, as sementes de arroz, de cada cultivar, separadamente, foram submetidas ao condicionamento fisiológico, conforme metodologia descrita a seguir e exemplo na Figura 2.

3.3 Condicionamento fisiológico

Foram utilizados os métodos de hidrocondicionamento e matricondicionamento com micronutrientes e bioestimulante, executados de acordo com a metodologia descrita abaixo:

Hidrocondicionamento: 5 gramas de sementes, de cada cultivar, separadamente, foram distribuídas sobre três folhas de papel germiteste e cobertas com mais três folhas, inseridas em tela metálica, acoplada em caixa plástica (11 x 11 x 3,5 cm) contendo 40 ml de água destilada em seu interior. As mesmas foram conduzidas a uma B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), regulada a 25°C, na qual permaneceram por 25 e 31 horas, para as cultivares Puitá e Inov, respectivamente.

Matricondicionamento com bioestimulante: foi utilizado mesmo procedimento do hidrocondicionamento, exceto pelo uso de solução de bioestimulante Stimulate® na dose de 0,5 L⁻¹ 100 kg⁻¹ semente em substituição à água e pelo tempo de embebição, que foi de 31 e 32 horas, para as cultivares Puitá e Inov, respectivamente.

Matricondicionamento com micronutrientes: foi utilizado mesmo procedimento do hidrocondicionamento, exceto pelo uso de solução de ácido bórico (T4) na concentração de 0,008M (JOHSON et al., 2005) e sulfato de Zn (T5) na concentração de 0,004M (JOHSON et al., 2005) em substituição à água e pelo tempo de embebição, que foi de 35 e 37 horas, no tratamento 3, para as cultivares Puitá e Inov e de 30 e 35 horas no tratamento 4, para as cultivares Puitá e Inov, respectivamente.

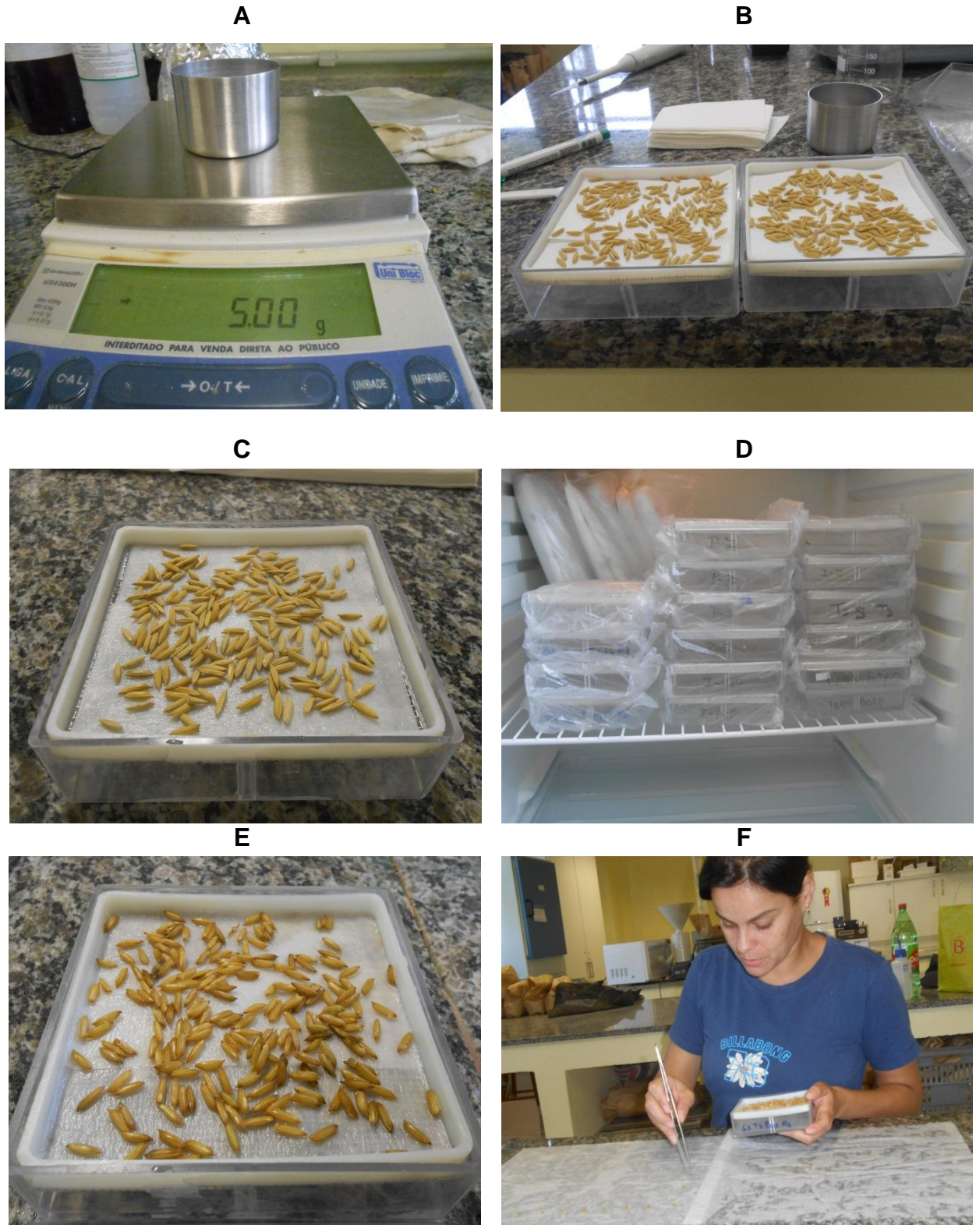


FIGURA 2- Procedimento de condicionamento: pesagem das amostras (A), distribuição das sementes sobre papel em caixas plásticas contendo água ou solução em seu interior (B) e papel umedecido com mesmo tratamento (C), incubação em câmara do tipo BOD (D), sementes após o condicionamento (E) e instalação do teste de germinação após o condicionamento (F).

Após o condicionamento, as sementes foram submetidas aos testes para avaliação da germinação e do potencial fisiológico, de acordo com a metodologia descrita na sequência.

3.4 Avaliação da germinação

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, para cada cultivar, as quais foram distribuídas em rolos de papel germiteste, constituídas por três folhas umedecidas com água destilada, com peso equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009) e envolvidos em saco de polietileno para se evitar a perda de água para o meio externo. Após, os rolos com as sementes foram transferidos para câmara de germinação regulada a 25°C, na qual permaneceram por 14 dias, efetuando-se as avaliações aos 5 e 14 dias após a semeadura de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.5 Avaliação do potencial fisiológico

3.5.1 Crescimento de plântulas

Foi avaliado por meio da determinação do comprimento de parte aérea, de raízes e da massa de matéria seca de parte aérea e de raízes de plântulas. Para tanto, foram retiradas 20 plântulas de cada repetição, ao acaso, por tratamento, para cada cultivar, as quais foram mensuradas manualmente, com auxílio de régua graduada, separando-se a parte aérea da radicular, expressando-se os resultados em centímetros (NAKAGAWA, 1999). Após, as partes aérea e raízes de plântulas foram transferidas para sacos de papel e submetidas à 65°C em estufa com circulação de ar forçado, por 72 horas, sendo após submetidas a pesagem em balança de precisão de 0,001 grama, para obtenção da massa de matéria seca de plântulas, expressa em gramas (NAKAGAWA, 1999). Após este procedimento, os valores obtidos foram divididos por 20 para a obtenção da massa de matéria seca de parte aérea e de raízes produzidas por plântula e convertidos em mg.

3.5.2 Teste de frio

Foi realizado com procedimento semelhante ao teste de germinação padrão, descrito anteriormente, diferindo apenas pela permanência das sementes em câmara de germinação regulada a 10°C por 48 horas; após foi realizada a transferência das mesmas para câmara regulada à 25°C, com avaliação aos 14 dias após o início do teste de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras Para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.5.3 Crescimento de plântulas no teste de frio

Foi realizado de forma semelhante ao descrito no item 3.5.1, diferindo apenas pela permanência das sementes em câmara de germinação regulada a 10 °C por 48 horas; após foi realizada a transferência das mesmas para câmara regulada à 25 °C, com avaliação aos 14 dias após o início do teste.

3.5.4 Teste de emergência de plântulas- em telado

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, para cada cultivar separadamente, as quais foram semeadas em recipientes plásticos com 6 kg de areia, peneirada e lavada, a 3 cm de profundidade. Foram realizadas irrigações diárias. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a semeadura, computando-se o número de plântulas emersas.

3.5.5 Crescimento de plântulas em telado

Ao final do teste de emergência de plântulas em areia (14 dias), 20 plântulas de cada repetição foram escolhidas ao acaso e mensuradas quanto à parte aérea, com régua graduada; após, as mesmas foram retiradas da areia, lavadas com água, secas com papel toalha e foi mensurado o comprimento da raiz principal. Em seguida, as plântulas foram colocadas em sacos de papel e conduzidas à estufa para secagem e posterior determinação de massa de matéria seca de acordo com a metodologia descrita por Nakagawa (1999).

3.5.6 Teste de eficiência do uso do endosperma

Condições normais de germinação: quatro repetições de 50 sementes, de cada tratamento e cada cultivar, separadamente, foram distribuídas em rolos de papel toalha, constituídas por três folhas umedecidas com água destilada, com peso equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009) e envolvidos em saco de polietileno para se evitar a perda de água para o meio externo. Após, os rolos com as sementes foram transferidos para câmara de germinação regulada a 25°C.

Após 72 horas, foram retiradas 10 sementes de cada repetição, separou-se a plântula de cada semente e realizou-se a pesagem das sementes e das plântulas; após, realizou-se a secagem destes; este procedimento foi repetido do terceiro ao sétimo dia após a semeadura, obtendo-se a massa seca da semente e da plântula e utilizando-se estes valores para calcular a eficiência do uso do endosperma, de acordo com a fórmula: $EUE \% = \frac{MSP}{MS} * 100$ (BLUM e SINMENA, 1994), onde MSP é a massa seca da plântula no sétimo dia após a semeadura, e MSC é a massa seca da semente, consumida entre o terceiro e o sétimo dia após a semeadura.

Teste de frio: realizou-se procedimento semelhante ao descrito anteriormente, contudo, as sementes foram submetidas à 10°C pelas primeiras 48 horas do teste e posteriormente transferidas para B.O.D a 25°C.

3.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados para o teste de emergência de plântulas e inteiramente casualizado para os demais testes.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias por meio do teste de Scott Knott ($p < 0,05$), para cada cultivar, separadamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Curvas de hidratação

Os resultados das curvas de embebição (Figuras 3 e 4) revelaram que os tratamentos 2, 3 e 4 causaram maior duração das fases I e II da germinação, comparados às sementes condicionadas no tratamento 1 (hidrocondicionamento), para ambas cultivares, sendo que no tratamento 3 estas fases duraram 35 e 37 horas, para as cultivares Puitá e Inov, respectivamente.

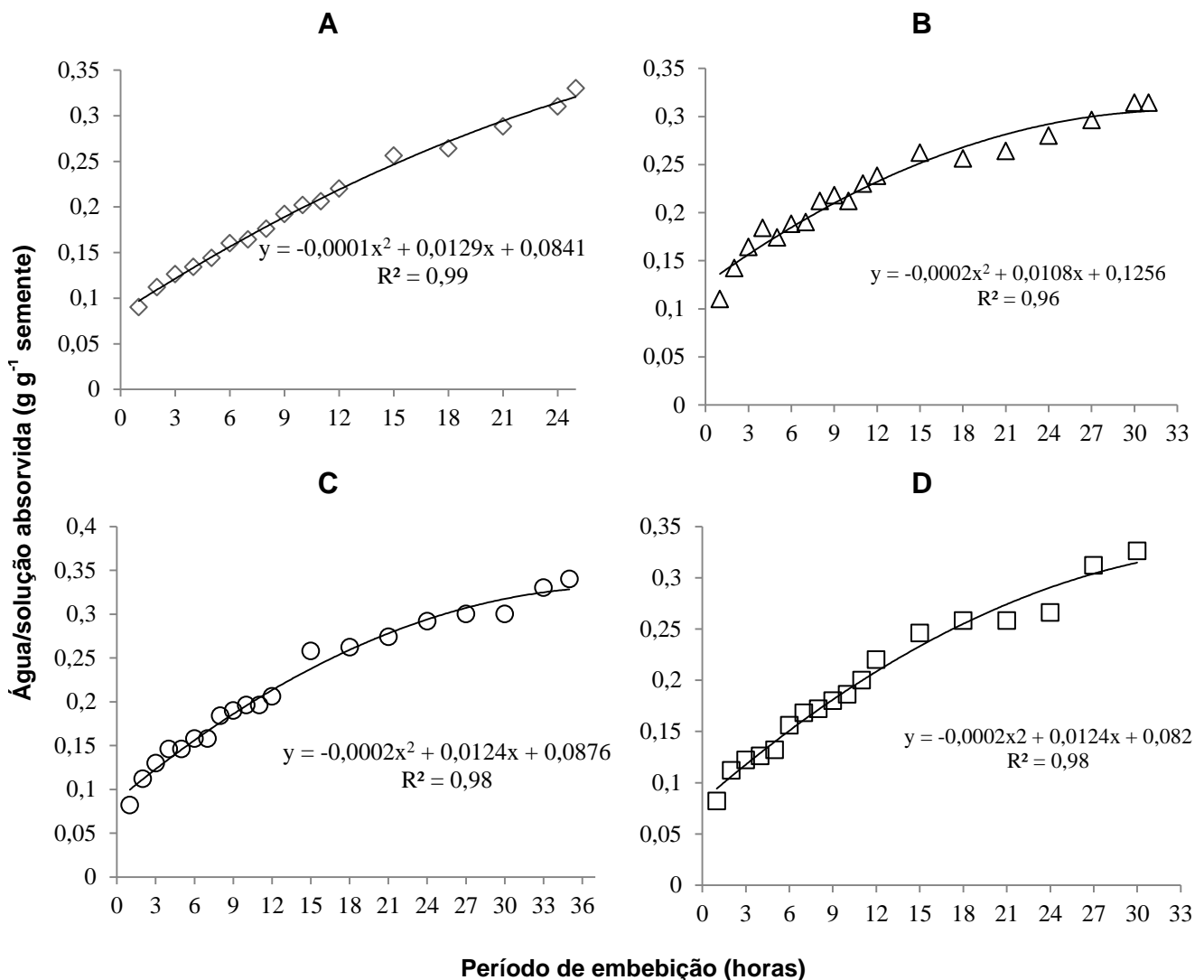


FIGURA 3- Curvas de embebição de sementes de arroz, cultivar Puitá, submetidas a hidrocondicionamento (A) e condicionamento com stimulate (B), ácido bórico (C) e sulfato de zinco (D).

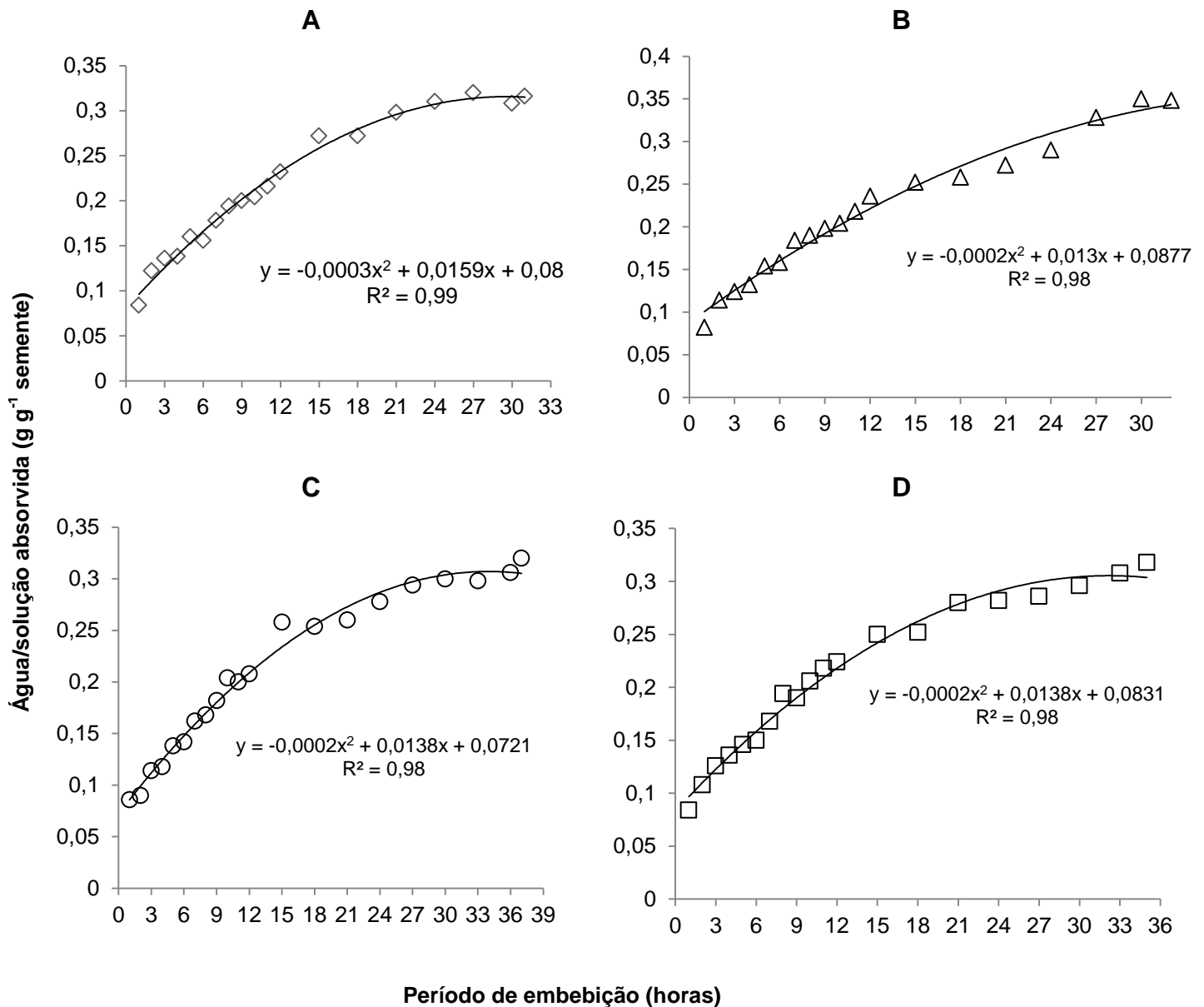


FIGURA 4- Curvas de embebição de sementes de arroz, cultivar Inov, submetidas a hidrocondicionamento (A) e condicionamento com Stimulate[®] (B), ácido bórico (C) e sulfato de zinco (D).

Trabalhando com sementes de arroz, Yang et al. (2007) verificaram que as fases I e II podem se estender até próximo de 50 horas de embebição, dependendo da cultivar, do grau de umidade da semente, do grau de deterioração, entre outros fatores, e que nestas fases ocorrem vários processos, como a degradação do amido, glicólise e fermentação, síntese de amido, organização das mitocôndrias, biossíntese de aminoácidos, biossíntese de parede celular, degradação de proteínas não funcionais, degradação de proteínas de reserva e de lipídios, sendo estes

processos fundamentais para o preparo para a fase III, na qual ocorre a divisão e expansão celular, com a protrusão da raiz primária e o crescimento da plântula.

4.2 Efeito do condicionamento fisiológico na germinação

Quanto aos efeitos do condicionamento fisiológico, inicialmente, verificou-se que o hidrocondicionamento (T2), o condicionamento com bioestimulante (T3) e o condicionamento com sulfato de zinco (T5) propiciaram incremento na germinação de sementes de arroz, para a cultivar Puitá comparado à testemunha (T1) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de germinação (%) de sementes de arroz, cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.

Tratamento	Cultivar	
	Puitá Inta CI	Inov CI
G (%).....	
Testemunha	91 b*	94 a
Hidrocondicionamento	99 a	97 a
Stimulate®	98 a	98 a
Ácido bórico	92 b	84 b
Sulfato de zinco	97 a	98 a
CV (%)	3,2	6,2

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

Segundo Varier et al. (2010), várias alterações subcelulares ocorrem em função do condicionamento fisiológico, dentre estas o aumento na síntese de proteínas relacionadas à mobilização de reservas, reparos no DNA e avanço do ciclo celular da fase G1 para G2 e maior produção de ATP, o que pode contribuir para a melhoria do potencial germinativo e fisiológico.

Contudo, para a cultivar Inov houve efeito somente do condicionamento com ácido bórico (T4), o qual foi prejudicial, com uma redução de 10% na germinação (Tabela 1); é possível que tenha ocorrido efeito fitotóxico do ácido bórico nesta situação. Sabe-se que o boro está envolvido em vários processos celulares, como a

divisão celular, podendo, portanto, interferir na germinação, considerando-se que esta envolve divisão e alongação celular. Trabalhando com sementes de arroz, Rehman et al. (2013) verificaram que quando o condicionamento foi realizado com soluções de boro de 0,001% a 0,1% houve resultados positivos, contudo, quando a concentração foi de 0,5% não houve germinação. É possível que a concentração utilizada neste estudo tenha sido excessiva para as sementes de arroz, desta cultivar, causando efeito fitotóxico.

Trabalhando com sementes de arroz, Johson et al. (2005) constataram que sementes submetidas ao condicionamento fisiológico com solução de ácido bórico de 0,008M apresentaram 12 mg K^{-1} de B, após 36 horas de embebição, ao passo que sementes não condicionadas continham $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$, assim como as sementes condicionadas com solução de sulfato de Zn na concentração de 0,004M, concentrações iguais as utilizadas nesta pesquisa. Portanto, que os níveis de B nas sementes após o condicionamento são mais elevados, o que pode estar atrelado ao baixo desempenho das sementes nesta pesquisa. Embora os referidos autores tenham encontrado resultados positivos do condicionamento, cabe ressaltar que os mesmos utilizaram sementes de outras cultivares.

Ainda, relacionando-se o resultado do teste de germinação com o teste de eficiência do uso do endosperma (Tabela 2), observa-se que na cultivar Inov o tratamento 3 causou redução da mobilização de reservas, o que explica a redução da germinação neste tratamento.

TABELA 2- Valores médios de eficiência de uso do endosperma (EUE) de sementes de arroz, em condições de germinação (TG) e no teste de frio (TF), cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.

Tratamento	EUE (%)	
	TG	
	Puitá Inta CI	INOV
Testemunha	13 b*	10 c
Hidrocondicionamento	19 b	19 b
Stimulate®	67 a	20 b
Ácido bórico	12 b	9 c
Sulfato de zinco	75 a	24 a
CV (%)	17	9,5
	TF	
Testemunha	3 c	3 b
Hidrocondicionamento	5 a	6 b
Stimulate®	4 b	5 b
Ácido bórico	3 c	4 b
Sulfato de zinco	4 b	28 a
CV (%)	12	17

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

4.3 Efeito do condicionamento fisiológico no potencial fisiológico de sementes

4.3.1 Efeito do condicionamento fisiológico no crescimento de plântulas

Quanto ao desenvolvimento de plântulas, observou-se efeito benéfico do condicionamento com Stimulate® (T3) e com sulfato de zinco (T5) em relação à testemunha (T1) e ao condicionamento com ácido bórico (T4) no comprimento de parte aérea para a cultivar Puitá (Tabela 3); para a cultivar Inov, contudo, não houve efeito positivo dos diferentes métodos de condicionamento quanto a esta característica, sendo que o tratamento 4 reduziu expressivamente o crescimento de parte aérea de plântula (Tabela 3).

TABELA 3. Valores médios de comprimento de parte aérea (CPA), de raiz (CR) e massa seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de plântulas de arroz, cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.

Tratamento	Cultivar	
	Puitá Inta CI	Inov CI
.....CPA (cm).....		
Testemunha	9,9 b*	10,6 a
Hidrocondicionamento	10,6 b	10,8 a
Stimulate®	11,3 a	11,4 a
Ácido bórico	6,4 c	2,4 b
Sulfato de zinco	11,1a	10,8 a
CV (%)	5,8	7,9
.....CR (cm).....		
Testemunha	4,2 b	6,6 a
Hidrocondicionamento	6,7 a	7,0 a
Stimulate®	6,1 a	7,4 a
Ácido bórico	3,4 b	0,7 c
Sulfato de zinco	6,1 a	5,6 b
CV (%)	13,3	10,1
.....MSPA (mg plântula ⁻¹).....		
Testemunha	5,0 a	5,9 a
Hidrocondicionamento	5,4 a	6,2 a
Stimulate®	5,5 a	6,1 a
Ácido bórico	3,3 b	2,9 b
Sulfato de zinco	5,2 a	5,5 a
CV (%)	7,2	8,3
.....MSR (mg plântula ⁻¹).....		
Testemunha	3,1 a	3,5 a
Hidrocondicionamento	3,4 a	3,7 a
Stimulate®	3,1 a	3,3 a
Ácido bórico	2,6 b	2,5 b
Sulfato de zinco	3,1 a	2,6 b
CV (%)	10,3	14,1

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

Trabalhando com sementes de girassol, SANTOS et al. (2013) verificaram aumento no crescimento de plântulas obtidas de sementes condicionadas com Stimulate®. Este bioestimulante é composto por citocinina, giberelina e auxina, reguladores de crescimento que atuam na divisão, expansão e alongação celular, podendo desta forma contribuir para o incremento no desenvolvimento de plântulas.

Quanto ao comprimento de raiz, constatou-se efeitos positivos dos tratamentos 2, 3 e 5, os quais não diferiram entre si e foram superiores a testemunha e ao tratamento 4 para a cultivar Puitá (Tabela 3); já para a cultivar Inov, não houve benefício dos tratamentos nesta característica, havendo redução da mesma nos tratamentos 4 e 5, sendo esta redução acentuada no tratamento 4 (Tabela 3). Verifica-se na tabela 2 que na cultivar Puitá os tratamentos 3 e 5 propiciaram maior mobilização das reservas, visto pela maior eficiência do uso do endosperma, e com isso maior disponibilidade de energia para o crescimento das raízes.

O tratamento 3 possivelmente contribuiu neste aspecto por apresentar reguladores de crescimento em sua constituição, os quais participam ativamente dos processos envolvidos no crescimento de raízes, assim como o tratamento 5 por se constituir em fonte de Zn, elemento este que atua na rota metabólica de formação do triptofano, aminoácido precursor do ácido indol acético (AIA), um dos principais reguladores de crescimento do grupo das auxinas, essenciais para quase todos os processos de crescimento e desenvolvimento vegetal (ZHAO, 2011), sendo essa via metabólica de síntese de auxina dependente do triptofano essencial para embriogênese, desenvolvimento de plântulas e outros processos fisiológicos (CHENG et al., 2006, 2007; STEPANOVA et al., 2008; TAO et al., 2008), como o controle de desenvolvimento de raízes (OVERVOORD et al., 2010).

Trabalhando com sementes de trigo, Ozturk et al. (2006) verificaram que o conteúdo de Zn em radículas e coleótilos era muito maior (maiores que 200 mg Kg^{-1}) durante a germinação, assim ressaltando o envolvimento deste elemento em processos fisiológicos durante o desenvolvimento de plântulas, possibilitando a síntese de proteínas e alongação células (CAKMAK 2000).

Para massa seca de parte aérea de plântulas, observou-se comportamento semelhante para as duas cultivares, havendo efeito negativo do tratamento 4 (Tabela 3). Para massa seca de raiz de plântulas, na cultivar Puitá observou-se que nenhum tratamento proporcionou maior acúmulo de massa seca, comparado à testemunha, contudo, o tratamento 4 foi prejudicial comparado ao 2 para a cultivar Puitá, assim como os tratamentos 4 e 5 comparados ao 2 para a cultivar Inov.

4.3.2 Efeito do condicionamento fisiológico na germinação e crescimento de plântulas em baixas temperaturas

Quanto ao teste de frio, constatou-se que não houve efeito dos tratamentos para ambas cultivares (Tabela 4). Contudo, vale ressaltar que as sementes da testemunha (T1) tiveram alto percentual de germinação, indicando sua relativa tolerância ao estresse por baixa temperatura inicial.

Já em relação ao crescimento de plântulas neste teste, observou-se diferenças entre os tratamentos, entretanto, a maioria destes não possibilitou melhorias no potencial fisiológico das sementes (Tabela 4), embora os resultados de eficiência de uso do endosperma tenham revelado efeito benéfico do tratamento 1 para a cultivar Puitá e do tratamento 5 para a cultivar Inov (Tabela 2). Quanto ao comprimento de parte aérea de plântulas observou-se pior desempenho das sementes nos tratamentos 2, 4 e 5 para cultivar Puitá e tratamentos 4 e 5 para cultivar Inov (Tabela 4).

TABELA 4. Valores médios de germinação no teste de frio (TF), comprimento de parte aérea (CPA), de raiz (CR) e massa seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de plântulas de arroz, cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.

Tratamento	Puitá Inta CI	Inov CI
TF (%)		
Testemunha	97 a*	97 a
Hidrocondicionamento	98 a	99 a
Stimulate®	97 a	99 a
Ácido bórico	96 a	99 a
Sulfato de zinco	98 a	97 a
CV (%)	6,2	6,8
.....CPA (cm).....		
Testemunha	6,4 a	6,5 a
Hidrocondicionamento	4,9 b	6,3 a
Stimulate®	6,6 a	6,3 a
Ácido bórico	1,5 c	0,4 c
Sulfato de zinco	4,3 b	4,7 b
CV (%)	13,8	11,7
.....CR (cm).....		
Testemunha	5,6 a	6,3 a
Hidrocondicionamento	2,9 c	5,1 a
Stimulate®	3,9 b	5,3 a
Ácido bórico	1,5 e	0,3 c
Sulfato de zinco	2,2 d	2,7 b
CV (%)	14,1	14,0
.....MSPA (mg plântula ⁻¹).....		
Testemunha	3,0 a	3,0 b
Hidrocondicionamento	2,9 a	3,1 b
Stimulate®	2,7 b	3,2 b
Ácido bórico	3,5 a	4,0 a
Sulfato de zinco	2,3 c	3,3 b
CV (%)	11,0	11,0
.....MSR (mg plântula ⁻¹).....		
Testemunha	2,6 a	2,6 a
Hidrocondicionamento	2,0 b	2,9 a
Stimulate®	1,8 c	2,4 a
Ácido bórico	2,0 b	1,3 b
Sulfato de zinco	2,3 a	2,5 a
CV (%)	10,3	11,5

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

O comprimento de raízes de plântulas, por sua vez, sofreu redução em todos os tratamentos para a cultivar Puitá, sendo esta mais expressiva nos tratamentos 4 e 5; já para a cultivar Inov, somente os tratamentos 4 e 5 causaram efeitos negativos. Semelhante ao ocorrido no teste de germinação e avaliação de crescimento de plântulas em condições normais de temperatura, o tratamento 4 provocou redução drástica no desempenho, reforçando o efeito negativo do boro no condicionamento fisiológico de sementes de arroz das referidas cultivares e doses.

Quanto a matéria seca de plântulas, observou-se efeito positivo somente do tratamento 4 na cultivar Inov para parte aérea de plântula, ao passo que para avaliação das raízes constatou-se efeitos negativos dos tratamentos 2, 3 e 4 para a cultivar Puita e do tratamento 4 para a Inov.

4.3.3 Efeito do condicionamento fisiológico na emergência e crescimento de plântulas

Em relação à emergência de plântulas nenhum tratamento propiciou melhoria nas variáveis avaliadas, ou seja, na porcentagem de plântulas emersas e no crescimento de plântulas (Tabela 5). Quanto à porcentagem de emergência de plântulas verificou-se efeito prejudicial do tratamento 4 para a cultivar Puita, assim como dos tratamentos 4 e 5 para a cultivar Inov (Tabela 5).

TABELA 5- Valores médios de emergência de plântulas (EP), comprimento de parte aérea (CPA), de raiz (CR) e massa seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de plântulas de arroz, cultivares Puitá Inta CI e Inov CI, obtidas a partir de sementes submetidas a diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico.

Tratamento	Puitá Inta CI	Inov CI
EP (%)		
Testemunha	78 a*	88 a
Hidrocondicionamento	79 a	81 a
Stimulate®	71 a	84 a
Ácido bórico	15 b	6 c
Sulfato de zinco	73 a	63 b
CV (%)	18	14,0
.....CPA (cm).....		
Testemunha	5,6 a	4,9 b
Hidrocondicionamento	4,6 b	6,1 a
Stimulate®	4,4 b	5,3 b
Ácido bórico	1,7 c	0,5 c
Sulfato de zinco	5,4 a	4,9 b
CV (%)	5,4	11,6
.....CR (cm).....		
Testemunha	13,5 a	12,8 a
Hidrocondicionamento	4,3 b	5,7 c
Stimulate®	4,4 b	5,8 c
Ácido bórico	2,9 c	0,8 d
Sulfato de zinco	4,9 b	8,1 b
CV (%)	8,3	12,0
.....MSPA (mg plântula ⁻¹).....		
Testemunha	4,3 a	3,9 b
Hidrocondicionamento	3,8 b	4,6 a
Stimulate®	3,7 b	4,0 b
Ácido bórico	3,0 c	3,8 b
Sulfato de zinco	3,4 b	3,3 c
CV (%)	8,9	9,3
.....MSR (mg plântula ⁻¹).....		
Testemunha	6,1 a	5,3 a
Hidrocondicionamento	2,5 c	4,9 a
Stimulate®	1,9 d	3,1 b
Ácido bórico	3,5 b	2,5 b
Sulfato de zinco	3,7 b	3,2 b
CV (%)	7,8	10,6

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

Embora Johson et al. (2005) relatem benefícios da utilização do condicionamento fisiológico de sementes de arroz com solução de ácido bórico na

concentração de 0,008M, nesta pesquisa este tratamento prejudicou a maioria dos parâmetros avaliados. Segundo Fageria (1997) o nível adequado de B na parte aérea do arroz situa-se em torno de 20 mg kg⁻¹, sendo que níveis acima deste valor podem ser considerados tóxicos. Considerando-se a concentração utilizada nesta pesquisa, é possível constatar que a solução utilizada apresentava 0,17 g B g⁻¹ de sementes, ou seja 170 mg B g⁻¹ de sementes, podendo, desta forma, ter causado um efeito tóxico, reduzindo o desempenho das sementes. Segundo Reid et al. (2004) o excesso de B pode causar a interrupção da divisão celular e desenvolvimento.

Trabalhando com cevada, Karabal et al. (2003) verificaram que a exposição de plântulas de trigo à soluções com concentrações de 5 a 10 mM causaram danos às membranas, aumentando a permeabilidade destas e de malondialdeído, o qual é um importante marcador para avaliação do estresse oxidativo.

Quanto ao crescimento de plântulas, houve redução do crescimento de parte aérea nos tratamentos 2, 3 e 4 para a cultivar Puita e nos tratamentos 4 e 5 para Inov; já quanto ao comprimento de raízes, todos os tratamentos ocasionaram efeito negativo para ambas cultivares, sendo o tratamento 4 o mais prejudicial (Tabela 5).

A massa seca de parte aérea de plântulas foi reduzida em todos os tratamentos para a cultivar Puita e no tratamento 5 para a cultivar Inov. A massa seca de raízes, por sua vez, foi reduzida em todos os tratamentos para a cultivar Puita e nos tratamentos 3, 4 e 5 para a cultivar Inov.

De acordo com os resultados obtidos, é possível constatar que os diferentes procedimentos de condicionamento fisiológico utilizados não propiciaram melhoria na emergência de plântulas, não justificando sua recomendação para melhoria do potencial de estabelecimento de plantas para as referidas cultivares. Ressalta-se que estes resultados não significam que o condicionamento fisiológico seja ineficiente para arroz, visto que outros autores descrevem sucesso no seu uso, relatando melhorias na emergência e no estabelecimento de plantas, como Ahmad et al. (2013), Rehman et al. (2011) e Franzin et al. (2007), trabalhando com outras cultivares, sendo necessário, portanto, o estudo de metodologias para cada genótipo.

Além disso, de maneira geral, observou-se que os procedimentos utilizados não contribuíram para a melhoria do potencial fisiológico das sementes; é importante mencionar que vários fatores influenciam os resultados de condicionamento

fisiológico, sendo os principais e mais importantes: a temperatura, disponibilidade de oxigênio e a concentração da solução (CORBINEAU; CÔME, 2006), sendo fundamental, portanto, estudos mais detalhados sobre estes fatores para o condicionamento fisiológico de sementes de arroz, a fim de obter maiores informações para as cultivares utilizadas nesta pesquisa, assim como para outras; somado a isso, deve-se ressaltar que em procedimentos de condicionamento com micronutrientes, a concentração da solução assume maior relevância, visto que a faixa entre a deficiência e a toxicidade é estreita (FAROOQ et al., 2012; REHMAN et al., 2011), sendo também importante aprofundar mais os estudos quanto à estes aspectos.

5 CONCLUSÃO

Os procedimentos de condicionamento fisiológico utilizados nesta pesquisa não contribuíram para melhoria da germinação e do potencial fisiológico das sementes de arroz das cultivares Puitá Inta CL e Inov Cl. O uso de ácido bórico prejudicou o desempenho de sementes de arroz de ambas cultivares.

6 REFERÊNCIAS

- ALONSO, A.S. et al. Sistemas de Produção, 3. Versão Eletrônica. Acesso em julho de 2014. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/autores.htm>.
- AHMAD, R.; HUSSAIN, S.; FAROOQ, M.; REHMAN, A.U.; JABBAR, A. Improving the performance of direct seeded system of rice intensification by seed priming. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.15, p.791-794, 2013.
- AJOURI, A.; ASGEDOM, H.; BECKER, M. Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 167, p. 630–636, 2004.
- BABAEVA, E.Y.; VOLOBUEVA, V.F.; YAGODIN, B.A.; KLIMAKHIN, G.I. Sowing quality and productivity of *Echinacea purpurea* in relation to soaking the seed in manganese and zinc solutions. **Izvestiya Timiryazevskoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii**, v. 4, p. 73–80, 1999.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seed: physiology of development and germination**. 2nd ed. New York; London: Plenum Press, 1994. 367 p.
- BLUM, A.; SINMENA, B. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. **Field Crops Research**, v.37, p.185-191, 1994.
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, v 21, p. 1105–111, 1986.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 399p, 2009.
- CAKMAK, I. Role of zinc in protecting plant cells from reactive oxygen species. **New Phytologist**, v. 146, p. 185–205, 2000.
- CASEIRO, R.F. **Métodos para condicionamento fisiológico de sementes de cebola e influencia da secagem e armazenamento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 109p. 2003.
- CASTRO, P.R.C.; GONÇALVES, M.B.; DEMÉTRIO, C.G.B. Efeito dos reguladores vegetais na germinação de sementes. **Anais da Esalq**, Piracicaba, v. 2, p. 449-468, 1985.

- CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C.A. (Ed.). **Adução foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 1, cap. 8, p. 191-235.
- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132 p.
- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, V. **Feijão irrigado: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003.
- CHENG, Y., DAI, X., AND ZHAO, Y. Auxin biosynthesis by the YUCCA flavin monooxygenases controls the formation of floral organs and vascular tissues in *Arabidopsis*. **Genes Dev**, v. 20, p. 1790–1799, 2006.
- CHENG, Y., DAI, X., AND ZHAO, Y. Auxin synthesized by the YUCCA flavin monooxygenases is essential for embryogenesis and leaf formation in *Arabidopsis*. **Plant Cell**, v.19, p. 2430–2439, 2007.
- Acomp. safra bras. grãos, v. 1 - **Safra 2013/14**, n. 7 - Sétimo Levantamento, Brasília, p. 1-86, abr. 2014.
- COPELAND, L.O; McDONALD, M.B. **Principles of Seed Science and Technology**. Springer Science & Business Media, 1995 - 409 p.
- COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B.; **Principles of seed science and technology**. Massachusetts: Kluwer Academic, 2001. 488p.
- CORBINEAU, F., CÔME, D. Priming: a technique for improving seed quality. **Seed Testing International**, v. 132, p. 38–40, 2006.
- CRUZ, R.P. **Bases genéticas da tolerância ao frio em arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 155f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CRUZ, R.P.; MILACH, S.C.K. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.30, p.909-917, 2000.
- DELL, B., HUANG, L.. Physiological responses of plants to boron. **Plant Soil**, v. 193, p. 103–120, 1997.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2. ed. rev. New York: Marcel Dekker, 1997. 656p.
- FAROOQ, M.; WAHID, A.; SIDDIQUE, K.H.M. Micronutrient application through seed treatments- a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 12, p. 125-142, 2012.

- FAROOQ, M., BARSA, S.M.A., WAHID, A., KHALIQ, A., KOBAYASHI, N. 2009. Rice seed invigoration. In: E. Lichtfouse (ed.). **Sustainable Agriculture Reviews**, pp. 137–175. Springer, the Netherlands.
- FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; TILLMANN, M.A.A. Pré-germinação de sementes de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 68-75, 2007.
- 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, p. 244-250, 2012.
- HUSSIAN, I.; AHMAD, R.; FAROOQ, M.; WAHID, A. Seed Priming Improves the Performance of Poor Quality Wheat Seed. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.15, p. 1343-1348, 2013.
- IMRAN, M., NEUMANN, G., RÖMHELD, V. Nutrient seed priming improves germination rate and seedling growth under submergence stress at low temperature. **International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development**, Cuvillier Verlag Göttingen. 2004.
- JOHNSON, S.E., LAUREN, J.G., WELCH, R.M., DUXBURY, J.M. A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. **Exper. Agric.**, v. 41, p 427–448, 2005.
- KARABAL, E.; YUCEL, M.; OKTEM, H.A. Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity. **Plant Science**, v. 164, p. 925-933, 2003.
- KAREEM, I.; ISMAIL, M.R. Osmotic and hormonal priming for rice growth and yield increase. **Research Journal of Chemical and Environmental Sciences**, v. 1, p.31-39, 2013.
- KAYA, M.; ATAK, M.; KHAWAR, K.M.; ÇİFTÇİ, C.Y.; ÖZCAN, S. Effect of pre-sowing seed treatment with zinc and foliar spray of humic acids on yield of common bean. **International Journal Agriculture and Biology**, v.7, p.875–878, 2007.
- KIKUTI, A.L.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de couve flor. **Horticultura Brasileira**, v.27, p. 240-245, 2008.
- LEVITT, J. **Introduction to plant physiology**. 2. ed. Saint Louis: The C.V. Mosby, 1974. 447 p.

- McDONALD, M.B. 2000. Seed priming. In: Black M., Bewley J.D. (eds.): **Seed Technology and Its Biological Basis**, pp 287–325. Sheffield Academic Press, Sheffield, England, UK.
- MCDONALD, M.D.; KHAN, A.A. Acid scarification and protein synthesis during seed germination. **Agronomy Journal**, v.2, p. 111-114, 1983.
- MARCOS FILHO, J. Dormência de sementes. In: MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 253-289. 2005.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A.; KOSEGARTEN, H.; APPEL, T. **Principles of Plant Nutrition**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 2001.
- MERTZ, L.M.; HENNING, F.A.; SOARES, R.C.; BALDIGA, R.F.; PESKE, F.B.; MORAES, D.M. de. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, p.262-270, 2009.
- MURPHY, J.B.; NOLAND, T.L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 69, n. 2, p. 428-431, 1982.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.211-214, 2005.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2:1- 2:21, 1999.
- OKUNO, K. Genetics and molecular biology research on cold tolerance of rice. In: **INTERNATIONAL TEMPERATE RICE CONFERENCE**, 3, 2003, Punta del Este. Symposias and conferences. Punta del Este: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 2003. 1 CD-ROM.
- OVERVOORD, P; FUKAKI, H.; BEECKMAN, T. Auxin Control of Root Development. **Cold Spring Harb Perspect Biol**, v. 2, p.01-16, 2010.
- OZTURK, L.; YAZICI, M.A.; YUCEL, C.; TORUN, A.; CEKIC, C.; BAGCI, A.; OZKAN, H.; BRAUN, H.J.; SAYERS, Z.; CAKMAK, I. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. **Physiologia Plantarum**, v. 128, p.144–152, 2006.
- PEREIRA, M.D.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; ARAÚJO, E.F. Primed carrot seeds performance under water and temperature stress. **Scientia Agricola**, v.66, p.174-179, 2009.

- PINHO, S.Z.; CARVALHO, L.R.; DELACHIAVE, M.E.A. Limit between stages I and II of a seed imbibition curve. **Scientia Agricola**, v. 61, p.17 -20, 2004.
- REHMAN, H.; BASRA, S.M.A.; FAROOQ, M.; AHMED, N.; AFZAL, I. Seed Priming with CaCl_2 improves the stand establishment, yield and quality attributes in direct seeded rice. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.13, p.786-790, 2011.
- REHMAN, H.; AZIZ, T. FAROOQ, M.; WAKEEL, A.; RENGEL, Z. Zinc nutrition in rice production systems: a review. **Plant and Soil**, v.361, p.203-226, 2012.
- REHMAN, H.; FAROOQ, M.; CHEEMA, Z.A.; WAHID, A. Role of boron in leaf elongation and tillering dynamics in fine-grain aromatic rice. **Journal of Plant Nutrition**, v.36, p.42-54, 2013.
- REID, R.J.; HAYES, J.E.; POST, A.; STANGOULIS, J.C.; GRAHAM, R.D. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. **Plant Cell Environment**, v. 27, p.1405-1414, 2004.
- ROSS, C. W. Hormones and growth regulators: auxins and gibberellins. In: SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. (Eds.). **Plant physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1992. p. 357-377.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia vegetal**. Traduzido por V. G. Velázquez. Mexico: Iberoamérica, 1994. 759 p.
- SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L. Tratamentos pré- germinativos em sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, p.153-158, 2000.
- SANTOS, C.A.C.; PEIXOTO, C.P.; VIEIRA, E.L.; PEIXOTO, V.A.B. Stimulate[®] na germinação de sementes, emergência e vigor de plântulas de girassol. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 605-616, 2013.
- SHARIFI, P. Evaluation on sixty-eight rice germplasms in cold tolerance at germination stage. **Rice Science**, v.17, p. 77–81, 2010.
- SHORROCKS, V.M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant Soil**, v.193, p.121–148, 1997.
- SINGH, M.V. **Efficiency of seed treatment for ameliorating zinc deficiency in crops**. In Zinc Crops 2007, Improving Crop Production and Human Health, 24–26 May, 2007, Istanbul, Turkey.
- SINGH, B.; NATESAN, S.K.A.; SINGH, B.K.; USHA, K. Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. **Curr. Sci.**, v. 88, p. 36–44, 2003.
- SPRAGUE, H.B. **Hunger Signs in Crops**. McKay, New York, USA, 1951.

- STEINMETZ, S.; INFELD, J.A.; MALUF, J.R.T.; SOUZA, P.R. de; BUENO, A.C. **Zoneamento agroclimático da cultura do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul: recomendação de épocas de semeadura por município**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1996. 30p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 19).
- STEPANOVA, A.N., et al. TAA1-mediated auxin biosynthesis is essential for hormone crosstalk and plant development. **Cell**, v. 133, p.177–191, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5 edition. 782p. 2010.
- TANAKA, M.; FUJIWAR, T. Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. **Pflügers Arch. European J. Physiol.**, v. 456, p. 671–677, 2008.
- TAO, Y., et al. Rapid synthesis of auxin via a new tryptophan-dependent pathway is required for shade avoidance in plants. **Cell**, v.133, p.164–176, 2008.
- TILDEN, R.L.; WEST, S.H. Reversal of the effects aging in soybean seeds. **Plant Physiology**, v.77, p. 584-586, 1985.
- THOMAS, T. H. 1977. Cytokinins, cytokinin- active compounds and seed germination. In: **The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination**, ed. A. A. Khan, pp. 111-145. New York: North- Holland Publishing Company.
- VARIER, A.; VARI, A.K.; DADLANI, M. The subcellular basis of seed priming. **Current Science**, v. 99, p. 450-456, 2010.
- VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, p. 222-228, 2001.
- VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (Glycine max L. Merrill)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004. 47p.
- WELBAUM, G.E.; SHEN, Z.; OLUOCH, M.O.; JETT, L.W. The evolution and effects of priming vegetable seeds. **Seed Technology**, v.20, p.209-235, 1998.
- WARREN, J.E.; BENNETT, M.A. Seed hydration using the drum priming system. **HortScience**, v. 32, p. 489-499, 1999.
- ZHAO, Y. Auxin Biosynthesis: A Simple Two-Step Pathway Converts Tryptophan to Indole-3-Acetic Acid in Plants. **Molecular Plant**, v.5, p. 334-338, 2011.
- YANG, P.; LI, X.; WANG, X.; CHEN, H.; CHEN, F.; SHEN, S. Proteomic analysis of rice (*Oryza sativa*) seeds during germination. **Proteomics**, v. 7, p. 3358–3368, 2007.

YARNIA, M.; TABRIZI, E.F.M. Effect of seed priming with different concentration of ga3, iaa and kinetin on azarshahr onion germination and seedling growth. **Journal of Basic and Applied Science Research**, v.2, p. 2657-2661, 2012.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: The International Rice Research Institute, 1981. p.269.