

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

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM ARROZ SOB  
CONDIÇÃO DE ESTRESSE POR FRIO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Juliana Gomes Belarmino**

**Itaqui, RS, Brasil  
2014**

**JULIANA GOMES BELARMINO**

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM ARROZ SOB  
CONDIÇÃO DE ESTRESSE POR FRIO**

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 **Engenheira Agrônoma**.

Orientadora: Adriana Pires Soares  
Bresolin

Itaqui, RS, Brasil

2014

B426e Belarmino, Juliana Gomes

EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM ARROZ SOB  
CONDIÇÃO DE ESTRESSE POR FRIO / Juliana Gomes Belarmino.  
43 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Pampa, BACHARELADO EM AGRONOMIA,  
2014.

"Orientação: Adriana Pires Soares Bresolin".

1. Condicionamento Fisiológico. 2. Estresse por frio.  
3. Cultura do arroz. I. Título.

# **EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM ARROZ SOB CONDIÇÃO DE ESTRESSE POR FRIO**

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 **Engenheira Agrônoma**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 20 de Agosto de 2014.  
Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Pires Soares Bresolin  
Orientadora  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Silva Canuto de Pinho  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Zago Ethur  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Dedico este trabalho aos meus amados pais, Rosimary e Edilberto, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, pela vida e proteção.

Aos meus pais, Rosimary e Edilberto, por não medirem esforços para a concretização do meu sonho, dando sempre o apoio para superar a distância e as saudades.

A minha avó, Aparecida, por ser um exemplo na minha vida.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Pires Soares Bresolin pela orientação, confiança em mim depositada, amizade e respeito ao longo do período trabalhado.

Aos professores do curso de Agronomia da UNIPAMPA, que colaboraram para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Ao meu namorado, Diego Figueiró, pela paciência, companheirismo, amizade e amor.

A todos os colegas de curso pelo convívio e pelos momentos de amizade.

Por fim, agradeço todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

A persistência é o caminho do  
êxito.

Charles Chaplin

## RESUMO

### EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM ARROZ SOB CONDIÇÃO DE ESTRESSE POR FRIO

Autor: Juliana Gomes Belarmino

Orientador: Adriana Pires Soares Bresolin

Local e data: Itaqui, 20 de agosto de 2014.

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um dos cereais mais importantes do globo terrestre, sendo cultivado e consumido em todos os continentes. No Brasil, a cultura corresponde a 20% da produção de grãos, sendo que 60%, desta produção concentra-se no Estado do Rio Grande do Sul, o principal produtor de arroz irrigado do País. Inúmeras vezes, no entanto, as safras da cultura no Estado são prejudicadas por danos causados por estresses abióticos sendo o estresse provocado por baixas temperaturas um dos fatores ambientais mais prejudicial a planta de arroz. O condicionamento fisiológico é uma técnica que pode diminuir os efeitos negativos de estresses ambientais no desenvolvimento inicial das plantas. Portanto, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito do condicionamento fisiológico sob a fenotipagem de genótipos de arroz, quanto à tolerância ao frio. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal do Pampa, Campus – Itaqui. Foram utilizados cinco - genótipos de arroz (IRGA 424, IRGA 426, BRS Sinuelo, Guri e BRS Diamante), divididos em dois lotes distintos de sementes, um foi submetido ao condicionamento fisiológico e a secagem e o outro não passou por nenhum procedimento. Ambos os lotes ficaram expostos a baixa temperatura ( $12^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) por 0, 24, 48 e 72 horas e logo em seguida foram transferidas para outra câmara de germinação a  $25^{\circ}\text{C}$  onde ficaram até completarem os 14 dias de incubação. Foram avaliadas as variáveis comprimento de coleóptilo, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz. Os resultados demonstraram que houve uma redução na média das variáveis de acordo com o aumento do tempo de exposição à baixa temperatura, no entanto, as sementes submetidas ao tratamento de condicionamento fisiológico apresentaram melhores médias quando comparadas as sementes que não passaram pelo condicionamento. Conclui-se que o

condicionamento fisiológico aumenta CC, CPA, CR, MSPA e MSR de todos os genótipos, com exceção do BRS Sinuelo para CC e CPA e do genótipo Guri para CC. O estresse por frio provoca redução nas variáveis analisadas. Os genótipos que apresentam melhor resposta ao condicionamento sob condição de estresse por frio são o IRGA 424 e o IRGA 426.

Palavras-chave: fenotipagem, *Oryza sativa*, pré-germinação, estresse abiótico

## **ABSTRACT**

### **PHYSIOLOGICAL EFFECT OF CONDITIONING IN RICE ON CONDITION OF COLD STRESS**

Author: Juliana Gomes Belarmino

Advisor: Adriana Pires Soares Bresolin

Place and date: Itaqui, August 20, 2014.

The rice (*Oryza sativa* L.) is considered one of the most important cereals of the globe, being cultivated and consumed on every continent. In Brazil, the culture corresponds to 20% of grain production, 60% of this production is concentrated in the state of Rio Grande do Sul, the largest producer of rice in the country. Countless times, however, the yields of culture in the state are hampered by damage caused by abiotic stresses and the stress caused by low temperatures one of the most damaging environmental factors to plant rice. The priming is a technique that can reduce the negative effects of environmental stresses on plant development. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of priming in the phenotyping of rice genotypes, tolerance to cold. The work was developed in the Laboratory of Biotechnology, Federal University of Pampa, Campus - Itaqui. Rice genotypes (IRGA 424, IRGA 426, BRS Sinuelo, Guri and Diamond BRS), divided into two different seed lots, one underwent priming and drying and the other did not undergo any procedure - five were used. Both batches were exposed to low temperature ( $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for 0, 24, 48 and 72 hours and were then immediately transferred to another chamber where germination at  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  until they were 14 days of incubation. Variables coleoptile length, length of aerial part, root length, dry weight of shoot and root dry matter were evaluated. The results showed that a reduction of the average variable according to increasing time of exposure to low temperature, however, the seeds subjected to priming treatment medium showed better when compared to seeds that have not passed through conditioning. We conclude that priming increases CC, CPA, CR, and MSR MSPA all genotypes, except for CC and BRS Sinuelo CPA and genotype CC for Guri. The cold stress causes reduction in the variables analyzed. The genotypes that have better response to conditioning under stress condition by cold are the IRGA 424 and IRGA 426.

Keywords: phenotyping, *Oryza sativa*, pre-germination, abiotic stress.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Padrão trifásico da hidratação de sementes proposto por Bewley & Black (1994).....	22
<b>Figura 2:</b> Regressões ajustadas para a variável comprimento do coleóptilo dos genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e Diamante, avaliados nos tratamentos controle e tratamento com condicionamento fisiológico em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.....	30
<b>Figura 3:</b> Regressões ajustadas para a variável comprimento da raiz dos genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e Diamante, avaliados nos tratamentos controle e tratamento com condicionamento fisiológico em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.....	32
<b>Figura 4:</b> Regressões ajustadas para a variável matéria seca da parte aérea dos genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e Diamante, avaliados nos tratamentos controle e tratamento com condicionamento fisiológico em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.....	34
<b>Figura 5:</b> Regressões ajustadas para a variável comprimento da parte aérea dos genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e Diamante, avaliados nos tratamentos controle e tratamento com condicionamento fisiológico em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.....	36
<b>Figura 6:</b> Regressões ajustadas para a variável matéria seca da raiz dos genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e Diamante, avaliados nos tratamentos controle e tratamento com condicionamento fisiológico em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Temperaturas críticas mínima, máxima e ótima para o crescimento e o desenvolvimento do arroz.....	18
<b>Tabela 2:</b> Resumo da análise de variância para os caracteres comprimento do coleóptilo (CC), comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) em cm; massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em gramas, de cinco genótipos de arroz irrigado nos tratamentos condicionado e não condicionado em quatro tempos de avaliação (0, 24, 48 e 72 horas). UNIPAMPA, 2014.....	27
<b>Tabela 3.</b> Comparação de médias para os caracteres comprimento do coleóptilo (CC), comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) em cm; massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em gramas, de cinco genótipos de arroz irrigado nos tratamentos condicionado e não condicionado. UNIPAMPA 2014. ....	28

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1 Cultura do Arroz e danos causados por baixas temperaturas.....	17
2.2 Subespécies Índica e japônica .....	20
2.3 Condicionamento Fisiológico.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1 Definição das condições ideais para o procedimento do tratamento de condicionamento fisiológico.....	24
3.1.1 Definição do período de pré-germinação das sementes .....	24
3.1.2 Definição do período de secagem das sementes.....	25
3.2 Condicionamento fisiológico (T1) .....	25
3.3 Não condicionamento (T2) .....	25
3.4 Delineamento experimental.....	25
3.5 Teste de frio .....	25
3.5 Análise estatística .....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5 CONCLUSÃO .....	39
6 REFERÊNCIAS.....	40
GLÓSSARIO.....	43

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado um dos cereais mais importantes do globo terrestre, sendo cultivado e consumido em todos os continentes, ocupando posição de destaque do ponto de vista social, econômico e cultural. No Brasil, a cultura corresponde a 20% da produção de grãos, sendo que 60%, desta produção concentra-se no Estado do Rio Grande do Sul, o principal produtor de arroz irrigado do País (CONAB, 2014). Inúmeras vezes, no entanto, as safras da cultura no Estado são prejudicadas por danos causados por estresses abióticos entre eles o estresse provocado por baixas temperaturas.

Nas regiões de clima temperado, o frio é o fator ambiental mais prejudicial à planta de arroz, reduzindo significativamente sua produtividade. A influência mais marcante ocorre na germinação, na emergência das plântulas e, principalmente, durante a fase reprodutiva (LUZ, 2011).

Para a expressão de seu potencial produtivo, a cultura do arroz requer temperaturas entre 25-30°C com elevada radiação solar, sendo que temperaturas inferiores a 20°C, dependendo do estágio de desenvolvimento, já podem ser consideradas prejudiciais (YOSHIDA, 1981). No Rio Grande do Sul, o arroz é cultivado de forma geral, nos meses de outubro a abril, sendo que em algumas regiões produtoras do Estado, no mês de outubro, quando a cultura está sendo implantada a temperatura mínima média é de 12°C (CRUZ; MILACH, 2000).

O condicionamento fisiológico é uma técnica capaz de reduzir os efeitos negativos de estresses ambientais no desenvolvimento inicial das sementes. A pré-germinação de sementes é uma técnica de tratamento fisiológico que se baseia na hidratação controlada, desencadeando os processos fisiológicos, que precedem à germinação, como síntese de moléculas de DNA, RNA e proteínas (BRAY, 1995), preparando as sementes para a germinação rápida e uniforme, favorecendo, também, o desenvolvimento inicial das plântulas.

Os tratamentos de pré-germinação de sementes além de reduzirem o tempo entre a semeadura e a emergência das plântulas, também aumentam a tolerância das sementes às condições ambientais adversas (HEYDECKER, 1975; BRADFORD, 1986).

Com base no exposto, o trabalho teve como objetivo testar o efeito da técnica de condicionamento fisiológico em arroz sob condições de estresse por frio.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Cultura do Arroz e danos causados por baixas temperaturas**

O arroz é um dos cereais mais consumidos mundialmente e exerce grande influência na economia nacional, ele é capaz de suprir 20% da energia e 15% da proteína da necessidade diária de um adulto, além de conter vitaminas, sais minerais, fósforo, cálcio e ferro, segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). De acordo com o levantamento realizado pela Conab (2014) a área cultivada com arroz aumentou em 1,1% no Brasil saindo de 2.399.6 mil para 2.425,3 mil hectares o que gera uma produção de mais de 12 mil toneladas de arroz divididos entre o cultivo irrigado, realizado principalmente na região Sul do país, quanto o arroz de sequeiro ou arroz de terras altas, cultivados na região Centro-Oeste.

O cultivo do arroz irrigado corresponde a principal atividade agrícola do Estado do Rio Grande do Sul (RS). Na safra de 2013/2014, só o RS contribuiu com mais de 8 mil toneladas do grão produzidos em 1.120.085 hectares com produtividade média de 7.243 quilos por hectare, representando mais de 50% da produção brasileira. A Fronteira Oeste do Estado foi a região que apresentou maior produção e maior produtividade, 2.611.576 toneladas e 7.826 quilos por hectare, respectivamente (IRGA, 2014). Contudo, sua produtividade pode ser ameaçada em situações adversas como as baixas temperaturas.

O RS é o Estado brasileiro produtor de arroz onde a ocorrência de baixas temperaturas exerce a maior influência na produtividade da cultura, principalmente no Litoral Sul e na Campanha, podendo causar reduções superiores a 25% e, em algumas situações, até 50% (EMBRAPA, 2005).

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 (MERTZ, 2009). A ocorrência de baixas temperaturas, aliadas à suscetibilidade dos genótipos utilizados pode causar sérios danos no estabelecimento da lavoura, diminuindo o estande inicial e favorecendo por consequência o estabelecimento de plantas daninhas (CRUZ, 2001).

Geralmente plantas de origem tropical são mais sensíveis aos danos causados pelas baixas temperaturas, essa é a situação do arroz. Segundo Yoshida

(1981) a temperatura ótima para o cultivo do arroz está entre 25 a 30° C, sendo que temperaturas inferiores a 20° C podem ocasionar um estresse por frio.

O arroz apresenta sensibilidade ao frio durante vários períodos de desenvolvimento. Assim, cada fase fenológica tem as suas temperaturas críticas ótima, máxima e mínima (Tabela 1). No estágio de germinação, os sintomas mais comuns causados pelo frio são o atraso e a diminuição na porcentagem de germinação (YOSHIDA, 1981). O que prejudica a densidade das plantas na lavoura, resultando em menor aproveitamento da área cultivada, favorecendo o crescimento de plantas daninhas, acarretando maior custo de produção e redução da produtividade. Durante o período vegetativo pode provocar o atraso no desenvolvimento, redução na estatura das plantas e amarelecimento das folhas de plântulas jovens. E no período reprodutivo ocorre má exerceção da panícula, esterilidade e manchas nas espiguetas (Souza, 1990). Para ROSSO (2006), a alta esterilidade de espiguetas, o atraso na floração e a maturação irregular são os danos mais comuns em vários países.

**Tabela 1.** Temperaturas críticas mínima, máxima e ótima para o crescimento e o desenvolvimento do arroz

Fases de Desenvolvimento	Temperatura crítica (°C)		
	Mínima	Máxima	Ótima
Germinação	10	45	20-35
Emergência e estabelecimento da plântula	12-13	35	25-30
Desenvolvimento da raiz	16	35	25-28
Alongamento da folha	07-12	45	31
Perfilhamento	9-16	33	25-31
Iniciação do primórdio floral	15	35	25-30
Emergência da panícula	15-20	38	25-28
Antese	22	35	30-33
Maturação	12-18	30	20-25

Fonte: Yoshida, 1981

As temperaturas de resfriamento que caracterizam o estresse são aquelas demasiadamente baixas para o crescimento normal do vegetal, porém não tão baixas capazes de formar gelo. A temperatura crítica é geralmente entre 10-12°C, abaixo da qual, os danos tornam-se bastante significativos (SONOIKE, 1998).

Os sintomas visuais mudam de acordo com o tempo de exposição, temperatura, período fenológica e algumas condições abióticas como disponibilidade de água e luz. Se a planta for exposta a um estresse mais severo pode ocorrer a perda da integridade da célula, o que dá aos tecidos uma aparência aquosa efeito de mudanças na membrana celular que permitem a perda de fluídos nos espaços intercelulares (TORO, 2006). Para McKersie (2006) esta perda proporciona um excelente meio de cultura para fungos e bactérias que podem crescer como agentes patogênicos oportunistas.

A fase reprodutiva, que compreende a microsporogênese e a floração, é a mais sensível a temperaturas baixas, com efeitos diretos na produtividade. Alvarado (1999) observou que a porcentagem de esterilidade de espiguetas, que normalmente varia entre 10 e 12%, pode aumentar até 60% quando a temperatura durante a floração for inferior a 20°C.

De acordo com Mackill et al., (1996) a esterilidade na floração é causada pela dificuldade de abertura das anteras ou do crescimento do tubo polínico devido às baixas temperaturas do ar, o que acaba impedindo a fecundação. Já na microsporogênese, o grão de pólen se torna inviável quando está se formando devido a ocorrência de frio no momento da formação, por esse motivo ocorre a esterilidade das espiguetas.

No RS, em geral as baixas temperaturas coincidem com o período reprodutivo, o de maior sensibilidade, e sintomas visuais são observados logo após a incidência do frio, como descoloração e degeneração de espiguetas. Se a ocorrência for na fase vegetativa, é observada clorose generalizada nas plantas que, no entanto, podem recuperar-se com a posterior elevação da temperatura, dificultando a avaliação do dano no rendimento de grãos (ROSSO, 2006), porém se houver um aumento da esterilidade das espiguetas irá ocorrer redução significativa na produtividade.

Os cultivares da subespécie índica são geralmente sensíveis ao frio e os da subespécie japônica são classificados como tolerantes, pois suportam as baixas temperaturas sem redução importante no rendimento de grãos (TERRES et al. 1985).

Como a maioria dos cultivares utilizados no Brasil são da subespécie índica, os produtores têm realizado algumas práticas culturais para minimizar os danos

causados pelo frio (SERAFIM, 2003). Tais práticas são usadas com a finalidade de favorecer a germinação das sementes e reduzir o tempo necessário entre a semeadura e a emergência das plântulas, assim como aumentar a tolerância das sementes às condições ambientais adversas no momento da semeadura (MOTTA & SILVA, 1997). Nesse sentido, a pré-germinação vem se destacando como uma técnica capaz de beneficiar o desempenho das sementes de diversas espécies através da absorção de água antes da semeadura (MARCOS FILHO, 2005).

## **2.2 Subespécies índica e japônica**

O arroz cultivado pode ser dividido em dois grandes grupos de cultivares, Índica e Japônica que diferem em diversos fatores que vão desde aspectos morfológicos até reações a estresse abióticos. As principais diferenças estão relacionadas à tolerância das plantas a baixas temperaturas, resistência à seca, acamamento em resposta a fertilizantes, habilidade competitiva com plantas vizinhas, germinação e taxa de crescimento em baixas temperaturas, longevidade da semente e eficiência fotossintética das folhas com o mesmo conteúdo de proteína (MACKILL et al., 1996; OKA; MORISHIMA, 1997 apud SERAFIM, 2003).

Além das diferenças nas características morfológicas, é notada a diferença física entre as sementes. As cultivares da subespécie índica apresentam os grãos mais compridos e finos em contrapartida, os grãos da subespécie japônica apresentam os grãos mais curtos e largos.

Além da forma do grão, diferenças em vários caracteres agrônômicos são encontradas entre as subespécies índica e japônica. Em geral, ausência de arista, fácil debulha, cor verde claro das plantas, grande número de afilhos, hábito de crescimento mais aberto dos afilhos e sensibilidade a temperaturas baixas são caracteres encontrados em genótipos da subespécie índica. Por outro lado, presença de arista, resistência à debulha, cor verde escuro das plantas, menor número de afilhos, hábito de crescimento ereto dos afilhos e tolerância a temperaturas baixas são caracteres geralmente presentes em genótipos da subespécie japônica (TAKAHASHI, 1984).

Lopes (2002), afirma que as características que mais contribuíram para a diferenciação entre os genótipos da subespécie e índica e japônica foram o ângulo da folha bandeira, comprimento do colmo, grau de exerção da panícula e grau de degrane da panícula.

Cultivares da subespécie índica são utilizadas extensivamente nas áreas tropicais e subtropicais, e as cultivares da subespécie japônica predominam nas regiões temperadas, porém também são utilizadas nos trópicos, principalmente em áreas de alta elevação (altitude) e em arroz de sequeiro ou de terras altas (GLASZMANN; ARRAUDEAU, 1986).

No Brasil, devido as características organolépticas do arroz, a preferência do consumidor é pelos grãos da subespécie índica.

### **2.3 Condicionamento fisiológico**

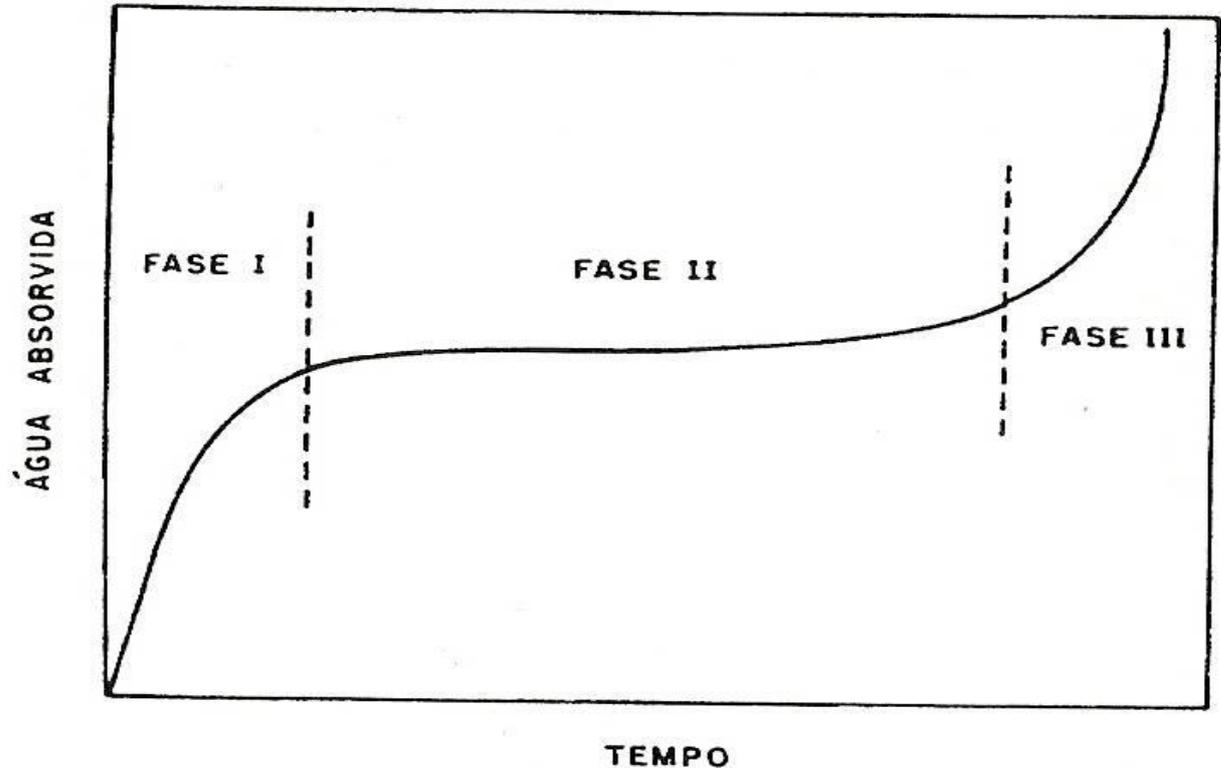
O intervalo entre a semeadura e o estabelecimento da plântula a campo, é um período crítico considerando-se que a semente pode estar exposta a inúmeros fatores adversos que podem influir em seu estabelecimento. Dependendo da espécie, o índice de germinação irá variar (PESKE et al., 2003).

Uma alternativa para uniformizar a taxa de germinação, tanto a campo como em casa de vegetação, tem sido a utilização do condicionamento fisiológico, o qual consiste na hidratação controlada da semente a um nível tal que permita que ocorram alguns eventos metabólicos anteriores a germinação, sem que haja protrusão da radícula. Segundo Marcos Filho (2005), o condicionamento fisiológico se baseia na hidratação das sementes provocando a retomada de seu metabolismo devido a necessidade de reparo dos componentes celulares danificados durante a desidratação das sementes na maturação.

Esta técnica apresenta inúmeras vantagens como, reestruturação da integridade das membranas celulares (CASTRO; HILHORST, 2004) e aumento da disponibilidade de metabólitos utilizados no processo de germinação, além de diminuição das perdas de solutos das sementes durante o processo de hidratação (BRACCINI et al., 1996).

A secagem após o condicionamento é desejável, pois possibilita o manuseio e o armazenamento das sementes condicionadas sem prejuízos à sua qualidade fisiológica (LOPES, 2011). Por outro lado, a tolerância das sementes à desidratação diminui à medida que aumenta a embebição, sendo que a partir do momento que a raiz primária é emitida essa tolerância é perdida. Sendo assim, é de extrema importância que o momento exato para a paralização do fornecimento de água e o tempo de secagem sejam estipulados para cada cultivar, pois cada uma apresenta um comportamento diferente, pois apresentam constituições genéticas distintas.

A absorção de água pela semente se dá em três fases distintas, sendo considerado o padrão trifásico da hidratação de sementes (Figura 1) proposto por Bewley & Black (1994).



**Figura 1.** Padrão trifásico da hidratação de sementes proposto por Bewley & Black (1994).

Marcos Filho (2005) descreve as três fases da seguinte forma: a fase I é onde ocorre a rápida transferência de água do substrato para a semente devido a uma diferença de potencial osmótico entre a semente e o ambiente. É nessa primeira fase que surgem os primeiros sinais de reativação do metabolismo com aumento acentuado da atividade respiratória e liberação de energia para a germinação, ativação de enzimas e síntese de proteínas.

A fase II é caracterizada pela diminuição da velocidade de embebição de água pelas sementes e da intensidade de respiração, variando de acordo com a espécie.

Por fim a fase III, onde se torna visível a retomada de crescimento do embrião através da protrusão da raiz primária, sendo que essa etapa só é realizada por sementes vivas e não-dormentes.

Dentre as vantagens na utilização do pré-condicionamento destacam-se a rapidez e uniformidade na germinação e no estabelecimento das plântulas por

ocasião da semeadura, menor competição com plantas daninhas, menor exposição a doenças oriundas de fitopatógenos de solo devido a rápida emergência, eliminação dos efeitos variáveis do clima, conferindo resistência à queda acentuada ou elevação da temperatura, à deficiência hídrica e ao aumento da concentração salina (PESKE et al., 2003; BRACCINI et al., 1996).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal do Pampa, Campus-Itaqui-RS, no presente ano. Foram utilizadas cinco cultivares de arroz irrigado, sendo quatro delas pertencentes ao grupo das cultivares índicas (IRGA 424, IRGA 426, Guri e BRS Sinuelo) e uma pertencente ao grupo das cultivares japônicas (Diamante).

Inicialmente determinou-se o teor de umidade inicial das sementes, pelo método de estufa na temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas (BRASIL, 2009).

As sementes foram separadas em dois lotes, um foi destinado para o tratamento de condicionamento (T1) e o outro para o tratamento não condicionado (T2).

#### **3.1 Definição das condições ideais para o procedimento do tratamento de condicionamento fisiológico**

##### **3.1.1 Definição do período de pré-germinação das sementes**

O período de pré-germinação foi determinado da seguinte forma: inicialmente foi pesada uma quantidade de 5 gramas das subespécies índicas e 3 gramas de sementes de arroz da subespécie japônica. Posteriormente essas sementes foram colocadas entre duas folhas de papel germiteste umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel e colocadas em caixa gerbox com 50 ml de água destilada, suspensas por uma tela para que as sementes não entrassem em contato direto com a água.

As caixas com as sementes foram levadas para a câmara de germinação do tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), à  $25^{\circ}\text{C}$ . As sementes foram retiradas de hora em hora da BOD para pesagem e observação. O tempo estipulado para que a semente permanecesse na B.O.D. dependeu do início da III fase da germinação – o surgimento da radícula. Quando, aproximadamente, 10 sementes de cada cultivar emitiram a radícula com aproximadamente 1 mm de comprimento foi interrompido o processo, essa quantidade representa aproximadamente 5% das sementes totais que estavam na gerbox (MARCOS FILHO, 2005).

### **3.1.2 Definição do período de secagem das sementes**

A definição do período de secagem das sementes foi feita em estufa com circulação forçada de ar à 42° C por um período de 12 horas; sendo a semente pesada de hora em hora para, inicialmente, verificar quanto de água a semente perdia por hora e posteriormente, através de uma análise de regressão, estimar o tempo necessário para que a semente fique na estufa até atingir 13% de umidade. Teor de umidade indicado para o armazenamento de sementes de arroz (BRASIL, 2009).

### **3.2- Condicionamento fisiológico (T1)**

Após a definição do período apropriado para a pré-germinação e secagem das sementes foi realizado o tratamento de condicionamento propriamente dito.

Os tempos pré-definidos para a permanência dos genótipos para a fase de pré-germinação e secagem das sementes foram de 19 e 23 h para o IRGA 424, 18 e 22 h para o IRGA 426, 19 e 1:30 h para o Guri, 20:30 e 20 h para o BRS Sinuelo e 30 e 3 h para o Diamante.

Por fim foram armazenadas sob condições indicadas para o armazenamento de sementes, à 4° C e 13% de umidade, por 24 horas (BRASIL, 2009).

### **3.3– Não condicionado (T2)**

O lote de sementes que compuseram o T2 não passaram pelo tratamento de pré-germinação e secagem.

### **3.4 Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial tratamento x genótipo x tempo (2x5x4) com quatro repetições, onde a unidade de observação constituiu-se de 20 plântulas para os genótipos IRGA 424, IRGA 426, GURI e BRS SINUELO e de 12 plântulas para o genótipo Diamante.

### **3.5 Teste de frio**

Sementes condicionadas e não condicionadas foram utilizadas com quatro repetições de 50 sementes para todos os genótipos, exceto para o Diamante que foram feitas quatro repetições de 12 sementes, devido a disponibilidade de sementes, distribuídas em rolos de papel, os quais foram umedecidos com água

destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados no interior de sacos plásticos, sendo mantidos em câmara regulada a 12° C, durante 0, 24, 48 e 72 horas, com transferência, após esse período, para um germinador com temperatura de 25° C, onde permaneceram até completarem 14 dias de incubação, sendo avaliada a porcentagem de plântulas normais formadas.

Aos 14 dias foi avaliado, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), comprimento do coleóptilo (CC), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR).

**Comprimento do coleóptilo, comprimento da parte aérea e comprimento da raiz:** utilizou-se o comprimento médio de plântulas normais obtido aos 14 dias do teste de germinação. A medida foi efetuada com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, sendo o resultado expresso em cm/plântula.

**Matéria seca das plântulas:** as plântulas originadas do teste anterior, foram mantidas em sacos de papel, em estufa a 65° C, por 72 horas, transferidas para o desumidificador até que atingissem a temperatura ambiente e pesadas em balança de precisão, com valor obtido da soma de cada repetição dividido pelo número de plântulas utilizadas e os resultados expressos em g/plântula.

### 3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ), e ajuste de regressão polinomial, a fim de explicar o comportamento dos genótipos frente aos diferentes tratamentos e ao aumento do tempo de exposição ao estresse por frio. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011) e os gráficos de regressão desenvolvidos por meio do programa SigmaPlot 10.0.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância apresentado na tabela 2 indica que houve significância na interação tripla (genótipo x tratamento x tempo) para todas as variáveis analisadas.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para os caracteres comprimento do coleóptilo (CC), comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) em cm; massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em gramas, de cinco genótipos de arroz irrigado, nos tratamentos condicionado e não condicionado em quatro tempos (0, 24, 48 e 72 horas) a  $\pm 12^{\circ}\text{C}$ . UNIPAMPA, 2014.

Fonte de variação	GL	QM				
		CC	CPA	CR	MSPA	MSR
Gen	4	0,79*	22,11*	16,19*	0,00052*	0,00017*
Trat	1	0,61*	46,33*	18,98*	0,00104*	0,00011*
Tempo	3	1,95*	18,27*	10,15*	0,00042*	0,00005*
Gen*Trat	4	1,27*	14,20*	1,59*	0,00013*	0,00001*
Gen*Tempo	12	0,10*	1,79*	2,86*	0,00005*	0,00002*
Trat*Tempo	3	0,01 <sup>NS</sup>	1,45*	3,37*	0,00003*	0,00003*
Gen*Trat*Tempo	12	0,07*	1,42*	1,05*	0,00002*	0,00002*
Erro	120	0,01*	0,15*	0,37*	0,00001*	0,00001*
Total	159	-	-	-	-	-
CV %	-	7,61	6,00	17,52	9,1	13,81
Média Geral		1,35	6,47	3,47	0,03	0,18

\*Valores significativos a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio; CV= coeficiente de variação.

Na tabela 3, pode ser verificada a resposta das variáveis avaliadas nos diferentes genótipos estudados e também em relação aos tratamentos. Os resultados demonstraram a existência de variabilidade entre os genótipos. Dentre os tratamentos avaliados, destaque para o T1 no qual foram evidenciadas as maiores médias para todas as variáveis analisadas. Este resultado demonstra o efeito positivo do condicionamento fisiológico em sementes de arroz irrigado, justificando assim seu uso.

**Tabela 3.** Comparação de médias para os caracteres comprimento do coleóptilo (CC), comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) em cm; massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em gramas, de cinco genótipos de arroz irrigado nos tratamentos condicionado (T1) e não condicionado (T2). UNIPAMPA, 2014.

GENÓTIPOS	TRATAMENTOS									
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
	CC	CC	CPA	CPA	CR	CR	MSPA	MSPA	MSR	MSR
DIAMANTE	1,77 aA	0,94 cB	6,66 aA	3,38 cB	2,96 bA	2,11 cB	0,029 bA	0,017 cB	0,016 bA	0,014 dA
IRGA 426	1,47 bA	1,44 aA	7,40 aA	6,87 aA	4,76 aA	3,50 aB	0,033 aA	0,031 aA	0,021 aA	0,019 aB
IRGA 424	1,45 bA	1,57 aA	7,10 aA	6,33 bB	4,58 aA	3,78 aA	0,035 aA	0,032 aA	0,021 aA	0,019 aB
SINUELO	1,33 cA	1,37 aA	6,73 aA	7,00 aA	3,55 bA	3,48 aA	0,034 aA	0,029 bB	0,017 bA	0,016 cA
GURI	1,06 dA	1,14 bA	6,66 aA	5,97 bB	3,24 bA	2,77 bA	0,031 bA	0,027 bB	0,020 aA	0,017 bA
Médias	1,42	1,29	6,91	5,91	3,82	3,13	0,0324	0,0272	0,019	0,017

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



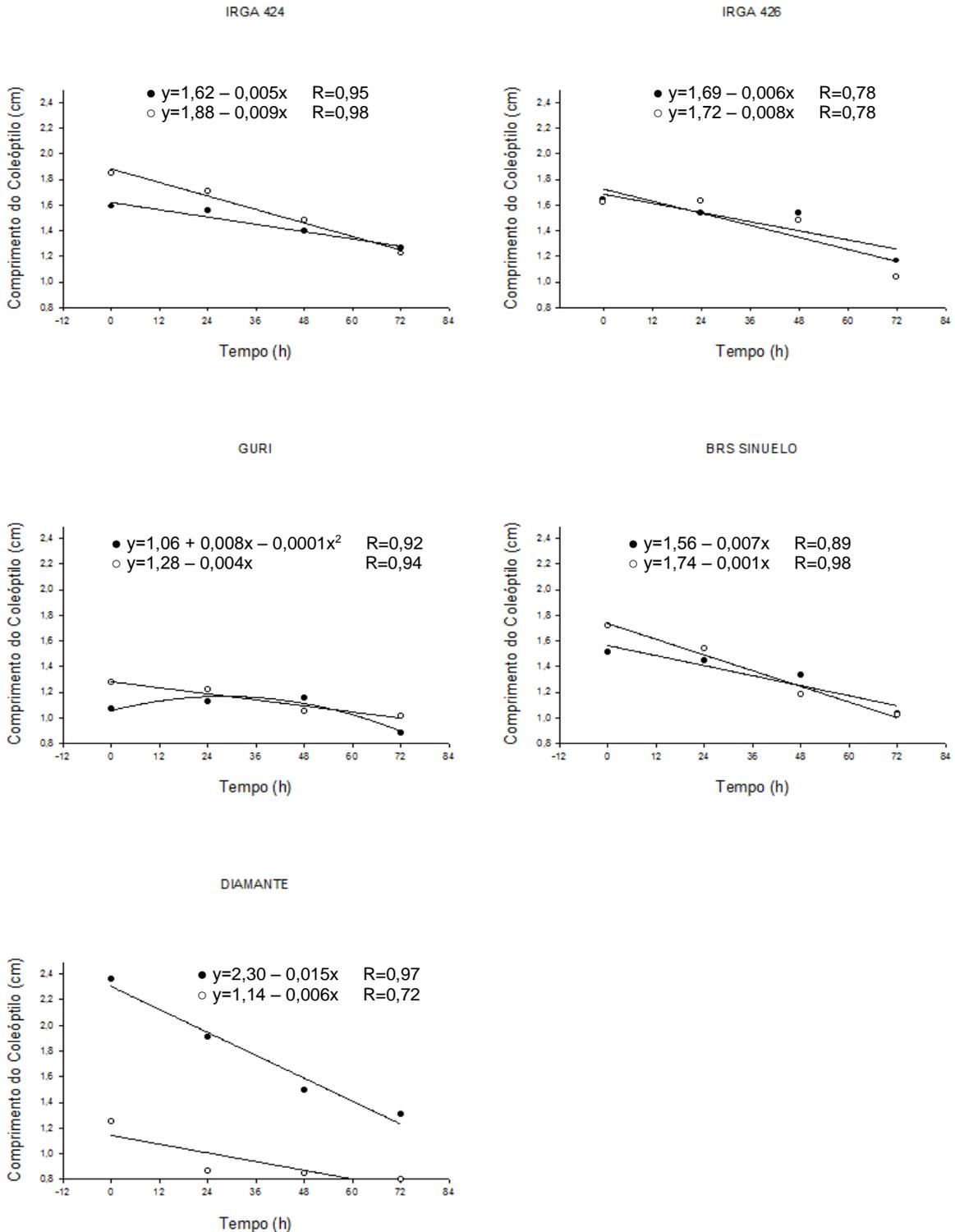
O genótipo Diamante foi o que apresentou a maior média para a variável CC no T1. Resultados semelhantes foram encontrados por Cruz e Milach (1999) que também constataram que as cultivares pertencentes ao subgrupo japônicas apresentavam maior comprimento do coleótilo quando expostas ao frio.

Para a variável CPA, no T1 os genótipos não diferiram estatisticamente entre si, já no T2 (não condicionado) o genótipo SINUELO foi o que apresentou a maior média entretanto não diferiu estatisticamente do IRGA 426.

De acordo com a tabela 3, a média geral das variáveis CC, CPA, CR, MSPA e MSR é maior no T1, tal resultado foi explicado por Roversi (2004), em trabalho realizado com o condicionamento fisiológico em sementes de milho, pela mobilização de materiais de reserva e pela ativação ou síntese de enzimas durante o período do tratamento.

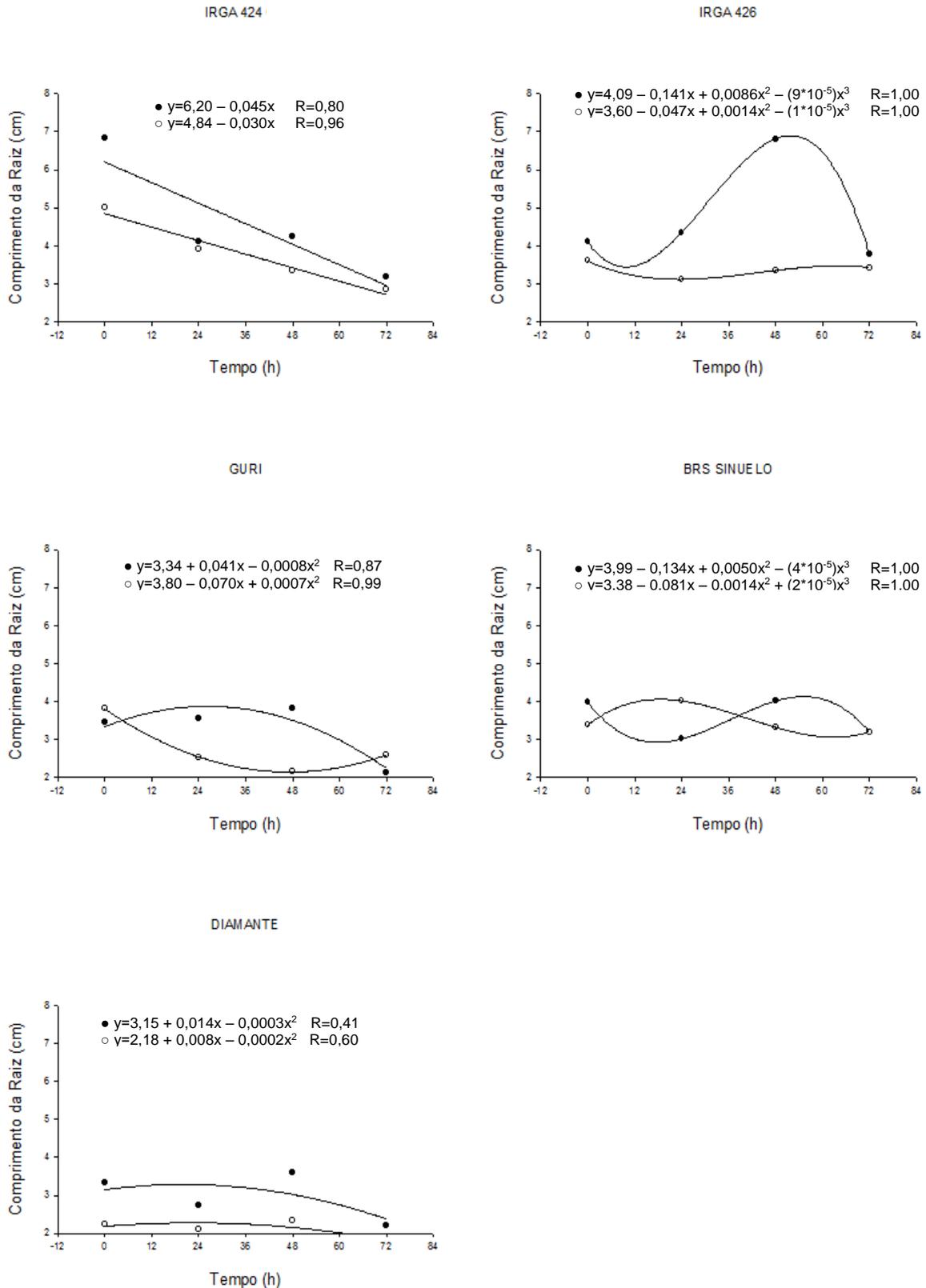
Quanto a análise das demais variáveis (CR, MSPA e MSR) as cultivares IRGA 424 e IRGA 426 se comportaram de forma semelhante apresentando os melhores resultados tanto para o T1 quanto para o T2, sendo que as médias do T1 foram maiores que as do T2 (Tabela 3), esse incremento de matéria pode ser explicado devido a sua maior atividade inicial, como ativação enzimática e translocação de nutrientes (MARCOS FILHO, 2005).

Quando os genótipos foram expostos à baixa temperatura eles apresentaram comportamentos semelhantes para a variável CC (Figura 2), obtendo menores médias conforme ocorria um aumento do tempo de exposição ao frio. Esse resultado também foi relatado por Mertz (2009) quando sementes de arroz foram expostas ao frio, somente o Guri não sofreu interferência nas sementes do T1 até as 48 horas de frio, porém após esse tempo o CC diminuiu.



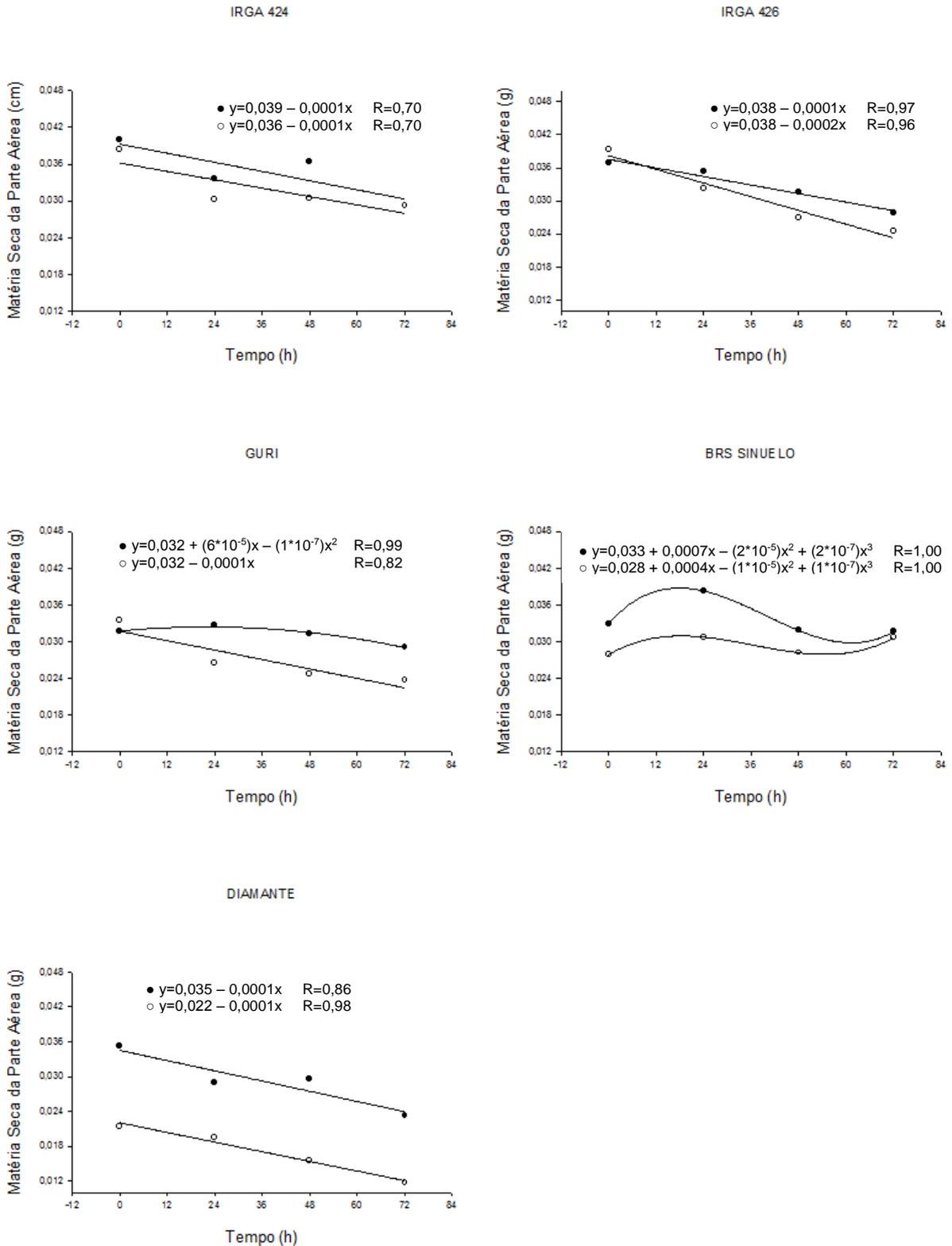
**Figura 2.** Regressões ajustadas para a variável comprimento do coleóptilo dos genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e BRS Diamante, avaliados nos tratamentos não condicionado (○) e tratamento com condicionamento fisiológico (●) em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.

Para a variável CR (Figura 3) é notado nos genótipo IRGA 426 e Guri que as sementes que passaram pelo condicionamento fisiológico não foram afetadas até as 48 horas de exposição ao frio, a partir desse tempo houve um decréscimo no CR. O genótipo BRS Sinuelo não sofreu interferência nas sementes condicionadas até a 24 horas de exposição ao frio, havendo uma redução no CR com o aumento do tempo de frio, já as sementes que não passaram pelo tratamento de condicionamento se comportaram de maneira contrária, apresentando uma redução até 24 horas de frio e aumentando a partir das 48 horas. Os demais genótipos apresentaram redução do CR de conforme o tempo de exposição ao frio aumentava.



**Figura 3.** Regressões ajustadas para a variável comprimento da raiz dos genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e BRS Diamante, avaliados nos tratamentos não condicionado (○) e tratamento com condicionamento fisiológico (●) em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.

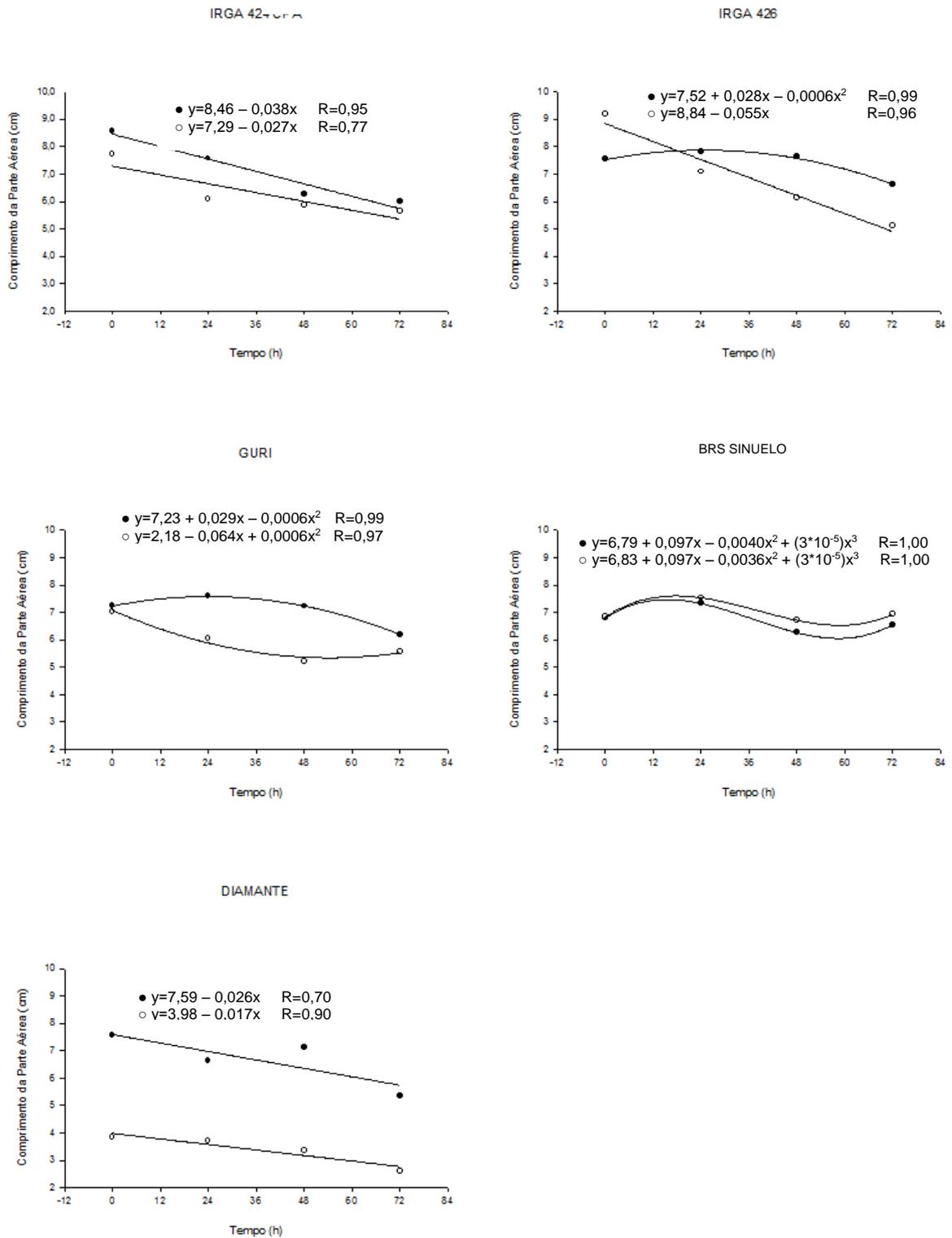
Apenas o BRS Sinuelo demonstrou comportamento diferente para a variável MSPA, sendo que os demais genótipos tiveram uma redução da MSPA de acordo que o tempo de exposição ao frio aumentava, porém o BRS Sinuelo não foi influenciado com até 24 horas de frio, sendo que no tempo de 48 horas de exposição ao frio o genótipo apresentou um decréscimo na MSPA, aumentando novamente a partir daí (Figura 4). Esse comportamento pode ter ocorrido devido a ativação gênica de genes relacionados com a tolerância ao frio, porém isso apenas poderá ser confirmado através de análise molecular.



**Figura 4.** Regressões ajustadas para a variável matéria seca da parte aérea dos genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e BRS Diamante, avaliados nos tratamentos não condicionado (○) e tratamento com condicionamento fisiológico (●) em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.

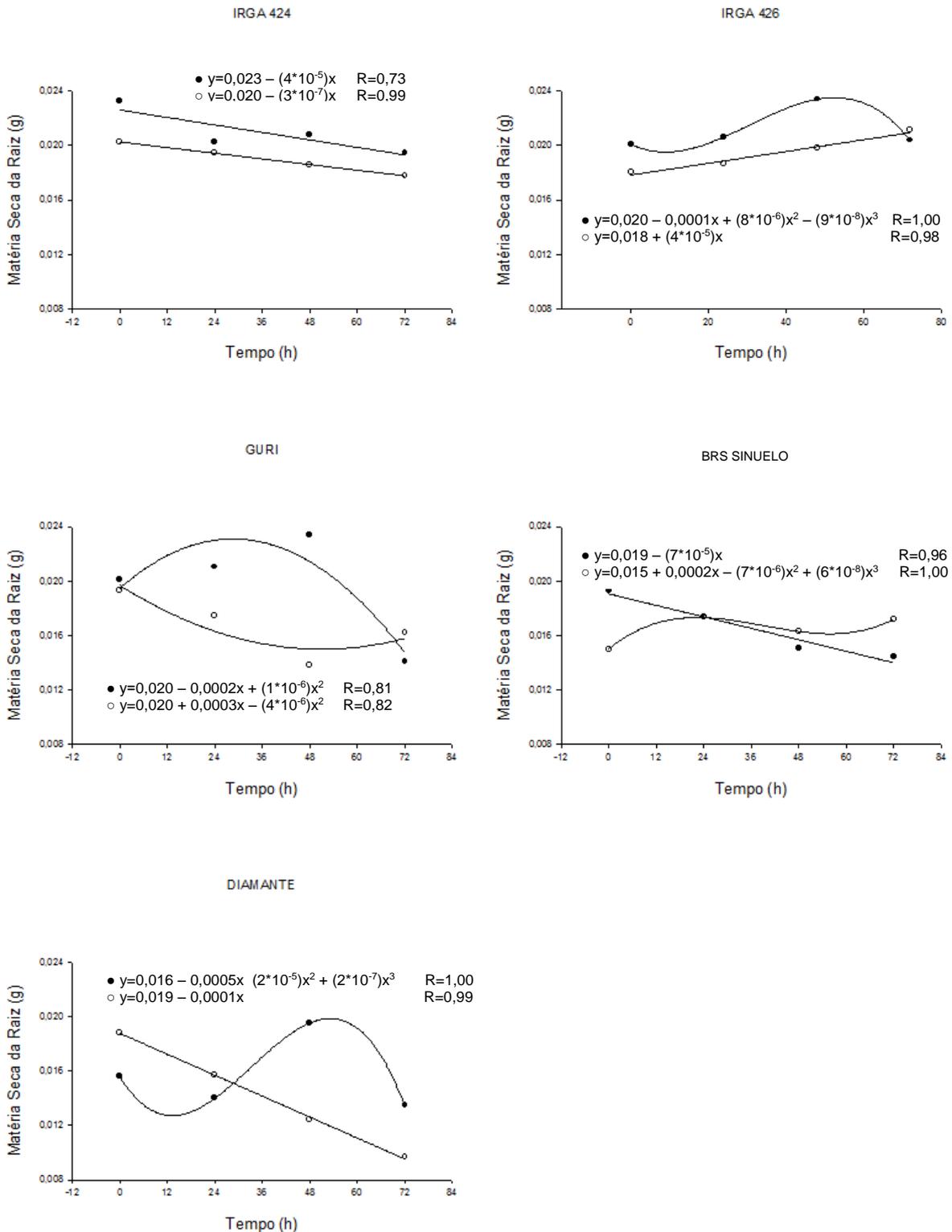
Para a maioria dos genótipos e maioria das variáveis analisadas as sementes do T1 apresentaram as maiores médias quando comparadas ao T2. Tal comportamento pode ser explicado pelo fato do condicionamento determinar o início da formação de compostos energéticos, o aumento das quantidades de RNA e DNA nos pontos de crescimento do embrião, menor atividade de ribonucleases e melhor preservação da estrutura celular. Essas modificações seriam gerenciadas pelas ativação de genes e tornariam as sementes tratadas e as plantas delas provenientes mais tolerantes a estresses (MAY & MILTHORPE, 1962; HENCKEL, 1964 apud MARCOS FILHO, 2005).

A figura 5 demonstra que a maioria dos genótipos responderam melhor ao T1, reduzindo o CPA conforme aumentava a exposição ao frio, exceto o genótipo Sinuelo que apresentou comportamento contrário, deixando evidente que o condicionamento fisiológico não interferiu na resposta desta variável, para esse genótipo.



**Figura 5.** Regressões ajustadas para a variável comprimento da parte aérea dos genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e BRS Diamante, avaliados nos tratamentos não condicionado (○) e tratamento com condicionamento fisiológico (●) em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.

A MSR (Figura 6) apresentou redução no genótipo IRGA 424 de acordo com o aumento do tempo de exposição das sementes ao frio, em ambos os tratamentos. Para o IRGA 426, a MSR não foi influenciada pelo frio no T2 e no T1, até as 48 horas de exposição a baixa temperatura, esta variável não foi afetada ocorrendo uma redução a partir desse momento. O genótipo Guri apresentou comportamento contrário para os dois tratamentos, sendo que no T1 a MSR não foi afetada pela exposição ao frio até as 48 horas, reduzindo a partir desse período e no T2 houve um decréscimo até as 48 horas de exposição ao frio, havendo um incremento da MSR a partir daí. Para o genótipo BRS Sinuelo o frio ocasionou uma diminuição da MSR no T1 e um pequeno aumento no T2. Já para o Diamante o T1 apresentou redução da MSR com o aumento de exposição ao frio e o T2 apresentou por sua vez apresentou um pico de crescimento quando exposto a 48 horas de frio, havendo redução da MSR antes e depois desse período.



**Figura 6.** Regressões ajustadas para a variável massa seca da raiz genótipos de arroz irrigado IRGA 424, IRGA 426, Guri, BRS Sinuelo e BRS Diamante, avaliados nos tratamentos não condicionado (○) e tratamento com condicionamento fisiológico (●) em cinco tempos (0, 24, 48 e 72 h) sob estresse por frio.

## **5 CONCLUSÃO**

O condicionamento fisiológico aumenta CC, CPA, CR, MSPA e MSR de todos os genótipos, com exceção do BRS Sinuelo para CC e CPA e do genótipo Guri para CC.

O estresse por frio provoca redução nas variáveis analisadas.

Os genótipos que apresentam melhor resposta ao condicionamento sob condição de estresse por frio são o IRGA 424 e o IRGA 426.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALVARADO, J. R. Influence of air temperature on rice population, length of period from sowing to flowering and spikelet sterility. In: HILL, J. E. et al. TEMPERATE RICE CONFERENCE, 2., Sacramento, CA, USA, 1999. **Proceedings...** Los Baños: International Rice Research Institute, 2002. p. 63-68.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press. 1994. 445p.
- BRACCINI, A.L.; DIAS, D.C.F.S.; REIS, M.S. Tratamentos pré-germinativos e sua importância nos estudos de tecnologia de sementes. **Trabalho Técnico**. Informativo ABRATES, Brasília, v.6, n.2/3 dez., 1996.
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, Alexandria, v. 21, p. 1105-1112, 1986.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRAY.C.M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIEGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Decker, 1995. 853 p.
- CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Coord.) **Germinação: do básico ao aplicado**. São Paulo: Artmed, 2004. 323p.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. 2014. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_05\\_08\\_10\\_11\\_00\\_boletim\\_graos\\_maio\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_08_10_11_00_boletim_graos_maio_2014.pdf)>. Acesso em 30 jun. 2014.
- CRUZ, R. P. da. **Bases genéticas da tolerância ao frio em arroz (*Oryza L.*)**. Tese (Doutorado) em Fitotecnia – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- CRUZ, R.P.; MILACH, S.C.K. Avaliação de genótipos de arroz quanto à tolerância ao frio na germinação. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, Pelotas. **Resumos...** Pelotas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. p.42-44.
- EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 2005. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap02.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2014.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GLASZMANN, J. C.; ARRAUDEAU, M. Rice plant type variation: “Japonica” – “Javanica” relationships. **Rice Genetics Newsletter**, Los Baños, v. 3, p. 41-43, 1986.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, I.J. Invigoration of seeds? *Seed Science and Technology*, Zürich, v.3, n. 1, p.881-888, 1975.

IRGA. **Instituto Rio Grandense de Arroz**. 2014. Disponível em: <[http://www.irga.rs.gov.br/upload/20140205145654projecao\\_producao\\_safra\\_\\_2013\\_14.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/upload/20140205145654projecao_producao_safra__2013_14.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2014.

LOPES, H. M.; MENEZES, B. R. S.; RODRIGUES, D. L. Condicionamento fisiológico de sementes de cenoura e pimentão. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.17, n.3-4, p.296-302, jul-set, 2011. Disponível em: <<http://www2.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v17n3/artigo02.pdf>>. Acesso em 20 jul. 2014.

LOPES, M. C. B. **Caracterização fenotípica e molecular de genótipos de arroz irrigado**. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

LUZ, V. K. DA. **Identificação de famílias mutantes de arroz para características de importância agrônômica e tolerância a baixas temperaturas na germinação**. Tese (Doutorado) –Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS. 2011.

MACKILL, D. J.; COFFMAN, W. R.; GARRITY, D. P. Rainfed lowland rice improvement. **Manila**: International Rice Research Institute, 1996. 242p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. v.12. Piracicaba: Fealq, 2005.

McKERSIE, B. D. **Chilling stress**. Disponível em: <<http://www.agronomy.psu.edu/Courses/AGRO518/CHILLING.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; SOARES, R. C.; BALDAGI, R. F.; PESKE, F. B.; MORAES, D. M. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista brasileira de sementes** [online]. 2009, vol.31, n.2, pp. 262-270. ISSN 0101-3122. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000200031>.

MOTTA, C.A.P; SILVA, W.R. Efeito da hidratação e desidratação no desempenho fisiológico de sementes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v.20, n.4, p 379-390, 1997.

PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S.A. **Sementes**: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. 2.ed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPEL, 2006.

ROSSO, A. F. **Caracterização genética e fenotípica para tolerância ao frio e características agrônômicas em arroz irrigado**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, 2006. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10096/000594933.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

ROVERSI, T. **Efeito do condicionamento fisiológico sobre o desempenho de sementes para produção de forragem hidropônica**. Tese (Doutorado).

Universidade Federal de Santa Maria, 2004. Disponível em:

<[http://cascavel.ufsm.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1217](http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1217)>. Acesso em: 27 jul. 2014.

SERAFIM, D.C.S. **Mapeamento de QTLs para tolerância ao frio e características de importância agrônoma em arroz**. Tese (Mestrado), Universidade Federal de Porto Alegre, 2003. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3667/000391068.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 27 jul. 2014.

SIGMA PLOT. **Scientific Graphing Software**: versão 10.0. San Rafael: Hearne Scientific Software, 2006.

SONOIKE, K. Various Aspects of Inhibition of Photosynthesis under Light/Chilling Stress: "Photoinhibition at Chilling Temperatures" versus "Chilling Damage in the Light". **Journal of Plant Research**, v. 111, p. 121-129, 1998.

SOUZA, P.R. Alguns aspectos da influência do clima temperado sobre a cultura do arroz irrigado, no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.43, n.389, p.9-11, 1990.

TAKAHASHI, N. Differentiation of ecotypes in *Oryza sativa* L. In: TSUNODA, S.: TAKAHASHI, N. (Eds.) **Biology of rice**. Tokyo: Japan Scientific Societies Press, 1984. p. 31-67.

TERRES, A. L.; GALLI, J.; GASTAL, F. L. Cultivares. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado, Capão do Leão, RS. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 57-82.

TORO, E.A.T. **Avaliação de linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.) suscetíveis e tolerantes a baixas temperaturas em cruzamentos dialélicos parciais**. Tese (doutorado). ESALQ. Piracicaba. 2006. 143p.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981b. p.65-110: Climatic Environment and its Influence.

Disponível em: <[http://books.irri.org/9711040522\\_content.pdf](http://books.irri.org/9711040522_content.pdf)>. Acesso em: 5 ago. 2014.

## GLOSSÁRIO

Apud – citado por, conforme, segundo  
et al. – e outros