



UFSM

Tese de Doutorado

**DORMÊNCIA E PRÉ-GERMINAÇÃO DE
SEMENTES DE ARROZ**

Simone Medianeira Franzin

PPGA

Santa Maria, RS - Brasil

2006

Dormência e pré-germinação de sementes de arroz

por

Simone Medianeira Franzin

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Agronomia, Área de Concentração de Produção
Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM - RS), como requisito parcial para
obtenção do grau de
Doutora em Agronomia

PPGA

Santa Maria, RS - Brasil

2006

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

DORMÊNCIA E PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ

Elaborada por
Simone Medianeira Franzin

Como requisito parcial para a obtenção do grau de

Doutora em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Nilson Lemos de Menezes
(Presidente/orientador)

Marlove Fátima Brião Muniz

Danton Camacho Garcia

Maria Angela André Tillmann

Teresinha Roversi

Santa Maria, 20 de março de 2006.

Dedico com carinho

*aos meus pais
Lourdes e José,
minha irmã Fernanda
e ao Éder,
por todos os
momentos
vividos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus acima de tudo.

Ao Professor Doutor Nilson Lemos de Menezes pela excelente orientação, confiança desde o início, dedicação, paciência, e acima de tudo pela amizade conquistada.

Ao Professor Doutor Danton Camacho Garcia pela co-orientação, apoio e amizade adquirida durante o curso.

A Professora Doutora Lia Reininger pelos ensinamentos, companheirismo e amizade.

Ao Professor Doutor Lindolfo Storck pelos ensinamentos de estatística.

Ao Professor Doutor Osmar Souza dos Santos pelas oportunidades.

A Professora Doutora Marlove Muniz pelos ensinamentos, apoio e amizade.

A Professora Doutora Maria Angela André Tillmann, pelas valiosas colaborações para o aperfeiçoamento deste trabalho.

A Bióloga Professora Doutora Ana Beatriz Moraes pelo apoio e incentivo prestado para a realização do curso de Pós-Graduação em Agronomia.

Aos professores do PPGA, pelos conhecimentos transmitidos durante o curso.

Aos Professores Doutores Érico Marlon de Moraes Flores e Valderi Luiz Dressler, do Departamento de Química, pela infra-estrutura oferecida.

A(os) funcionários do Laboratório de Análise de Sementes, Terezinha, Vera e Alberto pelo apoio e amizade.

Aos colegas de Pós-Graduação em Agronomia, pelas experiências e amizade.

Ao acadêmico de Graduação em Agronomia Carlos André Barhy pelo valioso auxílio prestado durante a realização do trabalho e amizade.

Aos colegas e amigos: Teresinha Roversi, Maquiel Vidal, Sandro Bidel, Rafael Bortoloto, Nilson Mattioni, Patrícia Londero, Cátia Wrasse pela amizade, incentivo e auxílio em todos os momentos.

Aos amigos do Colégio Técnico Industrial, especialmente ao Diretor Cláudio Fialho Círio e aos professores Maurício, Rosicléia, Isabel e Augusto e aos alunos pela oportunidade, convivência, experiência, confiança, apoio e pela amizade conquistada.

Ao CNPq pelos cinco meses finais de bolsa concedidos.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1 – Dormência de sementes.....	3
1.1. Radiações de ultra-som para superação da dormência em sementes de arroz.....	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1.1.1. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
1.1.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
1.1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
1.1.4. CONCLUSÕES.....	25
1.1.5. REFERÊNCIAS.....	25
	25
CAPÍTULO 2 – Pré-germinação de sementes de arroz.....	29
2.1. INTRODUÇÃO.....	30
2.1.1. REFERÊNCIAS.....	35
2.2. Pré-germinação de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417.....	39
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
2.2.1. REVISÃO DE LITERATURA.....	42
2.2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
2.2.4. CONCLUSÕES.....	69
2.2.5. REFERÊNCIAS.....	69

2.3. Pré-germinação de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera.....	74
RESUMO.....	75
ABSTRACT.....	76
2.3.1. REVISÃO DE LITERATURA.....	77
2.3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	81
2.3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
2.3.4. CONCLUSÕES.....	105
2.3.5. REFERÊNCIAS.....	105

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1:** Percentagem de plântulas normais obtidas nos testes de primeira contagem e germinação das sementes de arroz IRGA 417, após tratamentos de ultra-som para superação da dormência: a) períodos de exposição das sementes; b) temperatura de exposição das sementes. Santa Maria – RS, 2005. 16
- FIGURA 2:** Índice de velocidade de germinação de sementes de arroz cv. IRGA 417, submetidas ao tratamento de ultra-som para superação da dormência: a) efeito dos períodos de exposição das sementes; b) efeito da temperatura de exposição das sementes. Santa Maria - RS, 2005..... 18
- FIGURA 3:** Efeito da Interação entre a temperatura e os períodos exposição ao ultra-som, sob a germinação das sementes de arroz da cv. Primavera. Santa Maria - RS, 2005..... 20
- FIGURA 4:** Efeito dos períodos de exposição das sementes de sequeiro cv. Primavera, às radiações de ultra-som sobre o teste de primeira contagem (a); efeito da temperatura de exposição das sementes (b). Santa Maria - RS, 2005..... 22
- FIGURA 5:** Índice de velocidade de germinação de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera, submetidas ao tratamento de ultra-som para superação da dormência: a) efeito dos períodos de exposição das sementes; b) efeito da temperatura de exposição das sementes. Santa Maria - RS, 2005..... 24

FIGURA 6: Curva de hidratação de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417. Santa Maria – RS, 2005.....	49
FIGURA 7: Teor de água das sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417 após a pré-germinação. a) 25 °C: imersão (8, 16, 24 e 32 h), incubação (16, 24, 32 e 40 h); b) 20 °C: combinações 8x16, 8x24, 8x32, 16x16, 16x24, 16x32, 24x16 e 24x24. Santa Maria – RS, 2005.....	51
FIGURA 8: Germinação (%) de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417 sob diferentes períodos de imersão e incubação na temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.....	54
FIGURA 9: Primeira contagem (%) de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417 sob diferentes períodos de imersão e incubação em temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.....	55
FIGURA 10: Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, na formação de plântulas normais no teste de frio, sob temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.....	58
FIGURA 11: Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, no comprimento de plântulas (cm), sob temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.....	60
FIGURA 12: Massa seca de plântulas de arroz irrigado cv. IRGA 417 sob diferentes períodos de imersão e incubação em temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.....	62

- FIGURA 13:** Percentagem de plântulas normais no teste de germinação (a) e primeira contagem (b) em sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, submetidas a 8h de imersão e 24 h de incubação, e submetidas à secagem. Santa Maria – RS, 2005..... 66
- FIGURA 14:** Comprimento de plântulas (a) e massa seca de plântulas (b) em sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, submetidas a 8 h de imersão e 24h de incubação, e submetidas à secagem. Santa Maria – RS, 2005..... 68
- FIGURA 15:** Teor de água das sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera após a pré-germinação. a) 25 °C: imersão (8, 16, 24 e 32 h), incubação (16, 24, 32 e 40 h); b) 20 °C: combinações 8x16, 8x24, 8x32, 16x16, 16x24, 16x32, 24x16 e 24x24. Santa Maria – RS, 2005..... 86
- FIGURA 16:** Germinação (%) de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera sob diferentes períodos de imersão e incubação na temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005..... 88
- FIGURA 17:** Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera no teste de primeira contagem (%), sob temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005..... 90
- FIGURA 18:** Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera na formação de plântulas normais no teste de frio, sob temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005..... 93

- FIGURA 19:** Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz se queiro cv. Primavera, no comprimento de plântulas (cm), sob temperatura de 25 ° C. Santa Maria – RS, 2005..... 95
- FIGURA 20:** Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz de queiro cv. Primavera, na massa seca de plântulas, sob temperatura de 25 ° C. Santa Maria – RS, 2005..... 97
- FIGURA 21:** Percentagem de plântulas normais no teste de germinação (a) e primeira contagem (b) em sementes de arroz de queiro cv. Primavera, submetidas a 8 h de imersão e 24h de incubação, e submetidas à secagem. Santa Maria – RS, 2005..... 102
- FIGURA 22:** Comprimento de plântulas (a) e massa seca de plântulas (b) em sementes de arroz de queiro cv. Primavera, submetidas a 8 h de imersão e 24 h de incubação, e submetidas à secagem. Santa Maria – RS, 2005..... 104

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1:** Médias estimadas de tratamentos das variáveis primeira contagem e germinação de sementes de arroz de sequeiro cv. IRGA 417 em diferentes tratamentos de imersão e incubação de sementes a 20 °C. Santa Maria – RS, 2005..... 63
- TABELA 2:** Médias estimadas de tratamentos das variáveis: primeira contagem e germinação de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera em diferentes tratamentos de imersão e incubação de sementes a 20 °C. Santa Maria – RS, 2005... 99

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) exerce influência marcante na economia do país e em especial no estado do Rio Grande do Sul, onde o cultivo ocorre pelo sistema irrigado, com produção que corresponde aproximadamente a 50% da produção nacional.

As sementes de arroz podem apresentar dormência por períodos que variam até 120 dias após a colheita, devido à associação de causas endógenas e exógenas, ainda não completamente definidas. Assim, a análise da qualidade fisiológica das sementes pode ser prejudicada por resultados que não indiquem o real potencial das sementes.

Estudos vêm sendo realizados há longo tempo, com o objetivo de identificar as possíveis causas da dormência, bem como formas de tratamento para sua superação. Entre os métodos mais utilizados, destaca-se, a pré-secagem com circulação de ar forçado, no entanto, outros tratamentos alternativos, vêm sendo testados.

As radiações de ultra-som na área agrônômica têm sido utilizadas em algumas espécies como milho e feijão, entre outras culturas, com o objetivo de incrementar os resultados de produção. Em sementes de arroz, a sonicação pode também ser utilizada, como um método alternativo na superação da dormência das sementes, a fim de favorecer o desempenho das sementes e facilitar as análises de qualidade, sendo essa fundamental nas decisões de produção.

A preocupação com a conservação da qualidade das sementes para a aquisição de vantagens produtivas em campo, vem crescendo nos últimos anos. Nesse sentido, a produção de arroz irrigado utiliza o condicionamento fisiológico das sementes, preparando-as para o processo de germinação antes da semeadura através da pré-germinação. Essa técnica utiliza a hidratação das sementes promovendo o reinício das suas atividades metabólicas, tais como o aumento da respiração, síntese de moléculas, divisão celular, entre outros eventos, resultando na protrusão da radícula e/ou coleóptilo. A plântula

formada é então utilizada no sistema de pré-germinado, que apresenta inúmeras vantagens na produção, destacando-se, entre elas, a uniformização da lavoura.

As vantagens da pré-germinação podem ser obtidas, sem comprometer o metabolismo das sementes, com a utilização de períodos de hidratação menores que aqueles usados pelos produtores, que variam em torno de 24 de imersão em água e 24 horas em incubação. Além disso, não há necessidade de formação de plântulas na pré-germinação, pois as sementes apresentam sua atividade metabólica ativada e tornam-se aptas à germinação antes mesmo dessa fase.

Portanto, os estudos referentes à qualidade fisiológica das sementes, tornam-se fundamentais para a compreensão de eventos importantes na germinação, estabelecimento e produção da cultura.

CAPÍTULO 1
DORMÊNCIA DE SEMENTES

**RADIAÇÕES DE ULTRA-SOM PARA SUPERAÇÃO DA
DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ**

1.1. RADIAÇÕES DE ULTRA-SOM PARA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ

RESUMO: Inúmeras causas são apontadas como responsáveis pela dormência em sementes de arroz. Os compostos fenólicos destacam-se por interferirem no balanço entre promotores e inibidores da germinação de sementes, podendo representar um obstáculo à difusão de gases. Vários tratamentos são utilizados com a finalidade de superar a dormência em sementes e, portanto, surgem métodos alternativos para sua superação, como as radiações de ultra-som. Essa técnica, por ser pouco utilizada em sementes, no entanto, apresenta dificuldade de otimização, bem como a falta de conhecimento específico sobre o efeito da radiação promovida pelas ondas ultra-sônicas em tecidos vivos. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos sonoquímicos produzidos pelo ultra-som sobre a superação da dormência e qualidade fisiológica de sementes de arroz. Utilizaram-se sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417 e de sequeiro cv. Primavera, submetidas à exposição das ondas ultra-sônicas por períodos de 5, 10, 15 e 20 minutos e temperaturas de 20, 30 e 40 °C. As variáveis analisadas após cada tratamento foram: germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação. Os resultados indicaram que houve variação nas respostas das cultivares aos tratamentos, sendo que os melhores resultados foram encontrados nas temperaturas mais elevadas. Concluiu-se que as radiações de ultra-som afetam a qualidade das sementes de arroz, sendo um método promissor para a superação da dormência, necessitando ainda sua padronização.

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

1.1. RADIATIONS OF ULTRASOUND TO OVERCOME THE DORMENCE IN SEEDS OF RICE

ABSTRACT: Several causes are pointed as responsible for the numbness in seeds of rice. The fenolic compounds have influence in the swinging between promoters and inhibitors of the germination of seeds, could represent an obstacle to the diffusion of gases. Several treatments are used with the purpose of overcoming the dormence in seeds and alternative methods appear to try to solve this problem, as the ultrasound radiations. That technique, for being little used in seeds, however, it presents optimization difficulty, as well as the lack of specific knowledge about the action of the radiation promoted by the ultrasonic waves in living tissues. The objective of the work was to evaluate the chemical effects produced by the ultrasound about the overcoming of the dormence and physiologic quality of seeds of rice. Seeds of irrigated rice cv. IRGA 417 and drier cv. Spring, submitted to the exhibition of the ultrasonic waves by periods of 5, 10, 15 and 20 minutes and temperatures of 20, 30 and 40 °C. The variables analyzed after each treatment were: germination, first counting and index of germination speed. The results indicated that there was variation in the answers of the culture to the treatments, and the best results were found in the highest temperatures. It was concluded that the ultrasound radiations affect the quality of the seeds of rice, being a promising method for the overcoming of the dormence, still needing her standardization.

Keywords: *Oryza sativa* L., sonication, quality of seeds

1.1.1. REVISÃO DE LITERATURA

A dormência em sementes de arroz estabelece uma resistência à germinação pré e pós-colheita e está relacionada diretamente ao nível de maturação das sementes. Assim, pode variar entre cultivares, lotes e ano de produção, estabelecendo-se durante o período de desenvolvimento da semente, sendo ainda afetada pelas condições de semeadura e colheita, entre outros fatores. Sua duração pode alcançar, em alguns casos, 11 semanas após a colheita ou 90 a 120 dias de armazenamento (Guimarães et al., 2000a).

Dentre as inúmeras causas apontadas como responsáveis pela dormência em sementes de arroz, destaca-se a presença de inibidores, como moléculas orgânicas relativamente simples e de baixo peso molecular, na forma de aldeídos, ácidos fenólicos, alcalóides, ácidos orgânicos, terpenóides como o ABA (ácido abscísico), entre outros (Ketring, 1973; Vieira et al., 2000; Marcos Filho, 2005), presentes tanto nas estruturas de cobertura, como no endosperma e embrião das sementes.

Os compostos fenólicos são considerados os principais compostos inibidores da germinação em sementes de arroz e segundo Marcos Filho (2005), interferem no balanço entre promotores e inibidores da germinação de sementes, podendo representar um obstáculo à difusão de gases, afetando, portanto, a dormência.

Os compostos fenólicos encontrados na casca associados à presença de agentes oxidantes, entre eles a peroxidase, cuja alta atividade enzimática, caracteriza cultivares dormentes, atuam como catalisadores nas reações de oxidação (Roberts, 1961, Navasero et al., 1975) e estão presentes nas estruturas de cobertura (Mickelsen, 1967) ou localizados em maior concentração no endosperma e cobertura (Okamoto e Hayashi, 1978; Dias e Shioga, 1997). Desta forma, são considerados responsáveis pela oxidação na superfície das sementes, limitando, desta forma a disponibilidade de O₂ para o embrião (Seshu e Dadlani, 1991; Bewley e Black, 1994) e, conseqüentemente, inibindo a germinação (Vieira, 1994). Assim, somente após a saturação desses

fenóis é que o embrião receberá quantidades suficientes de oxigênio para satisfazer as necessidades exigidas pela germinação (Bewley e Black, 1994).

Em espécies com dormência imposta pela presença de inibidores, sabe-se que a remoção do tecido cotiledonar, promove a superação gradativa da dormência, pois assim como em arroz, esses compostos são responsáveis pela retenção de oxigênio, restringindo a sua chegada ao embrião (Côme e Tissaouri, 1973).

Contudo, em consequência da falta de determinação precisa das causas da dormência em arroz, surgem diversos tratamentos com a finalidade de superá-la e promover a germinação das sementes. Entre eles destacam-se os tratamentos indicados pelas Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 1992) como a pré-secagem em estufa com circulação de ar forçado, sob temperaturas elevadas e imersão das sementes em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 24 horas. Ambos, embora sejam capazes de promover total ou parcialmente a germinação, podem apresentar limitações como, por exemplo, a possibilidade de perda de vigor e viabilidade das sementes submetidas à pré-secagem (Seshu e Dadlani, 1991).

Sabe-se, ainda, que alguns tratamentos com exposição das sementes ao calor, promovem em algumas espécies, rachaduras no tegumento, tornando-as permeáveis, o que facilita a drenagem de substâncias inibidoras, bem como a entrada de O₂ e água, necessários para o processo de germinação (Bewley e Black, 1994).

Métodos alternativos como as radiações de ultra-som, apresentam segundo Nagy et al. (1980), dificuldade de otimização, bem como falta de conhecimento específico sobre a ação das radiações promovidas pelas ondas ultra-sônicas em tecidos vivos, mais especificamente em sementes, tornando-se necessária a compreensão das características do método.

A produção de radiações de ultra-som é considerada um fenômeno físico (Martines et al., 2000), produzido por equipamentos que podem ser de dois tipos: ultra-som de sonda e ultra-som de banho, no qual o último apresenta características apropriadas para a utilização em sementes. O ultra-som é

composto por vasos metálicos com transdutores piezelétricos conectados no fundo do equipamento e calibrados para oscilarem em uma mesma frequência causando vibrações, que normalmente variam entre 20 a 35 KHz (Korn, 2003).

Os equipamentos de ultra-som têm capacidade de emissão de ondas mecânicas de frequência maior que 16 KHz, a qual se propagam em qualquer meio material. Além disso, por apresentarem inúmeras variações em relação à temperatura, períodos de exposição, bem como meios de propagação, destacando-se entre eles, água e ácidos, entre outros, têm sido amplamente utilizados em diversas áreas, como Química, Medicina, Engenharia e Biologia, Nesta última, tem sido utilizado, com a finalidade de rompimento de paredes celulares e homogeneização de materiais (Korn, 2003).

Os fundamentos dos efeitos da sonicação estão relacionados às ondas de choque, resultantes da aplicação do campo acústico sobre os materiais, inclusive, os tecidos da semente. Estudos específicos de sonicação indicam que as ligações de O–H das moléculas de água presentes no meio, são rompidas quando expostas às radiações ultra-sônicas de baixa frequência, efeito este, denominado sonólise da água, formando radicais livres $H\bullet$ e $HO\bullet$ no meio sonicado. Assim, durante a sonicação, ocorre a formação, crescimento e implosão de micro-bolhas de vapor ou gás, conhecido como o fenômeno de cavitação (Martines et al., 2000; Mason e Lorimer, 2000; Korn, 2003).

A elevada reatividade dos radicais formados associada à implosão das bolhas, libera uma grande quantidade de energia, proporcionando aumento da temperatura e pressão local, o que favorece as alterações nas moléculas, partículas e íons no meio. Assim como em outros meios, também nas sementes, as radiações de ultra-som podem gerar componentes muito reativos na solução, além de possuir potencialidade para degradar estruturas poliméricas (Korn, 2003).

Tendo em vista esses aspectos, sugere-se que a ação da sonicação pode promover o processo de escarificação das sementes, através da cavitação, funcionando como uma escarificação mecânica, que segundo Ferreira e Borguetti (2004), é uma técnica empregada para sobrepor os efeitos

da cobertura impermeável à água e/ou aos gases. Além disso, os efeitos das radiações ultra-sônicas estão, provavelmente, relacionados à liberação de compostos fenólicos presentes na casca e endosperma, pela ação dos radicais livres produzidos.

A utilização de ultra-som na área agrônômica além de reduzida, tem gerado efeitos diversos sobre as sementes e plântulas formadas, as quais pode-se citar aumento na velocidade de germinação, anormalidades, maior comprimento e massa das plântulas, assim como a morte das sementes. Essa diversidade de resultados, pode ser, reflexo da dificuldade encontrada na otimização de um método específico para cada espécie, pois segundo Mason e Lorimer (2000), a capacidade de rompimento de paredes celulares, pode ser dificultada em alguns casos, devido ao pequeno diâmetro da parede e a presença de macromoléculas como proteínas e ácidos nucléicos.

De forma geral, os experimentos com ultra-som são favoráveis ao aumento da velocidade de germinação, acelerando a taxa inicial de germinação e os processos metabólicos, além de aumentar a permeabilidade das sementes (Nagy et al., 1980).

Nos estudos pioneiros, realizados com sementes de milho, Findley e Campbell (1953) observaram efeitos favoráveis das radiações ultra-sônicas sobre a germinação das sementes e crescimento das plântulas em relação ao tamanho e massa das plântulas formadas. O aumento da velocidade de germinação das sementes também foi verificado em feijão utilizando radiações ultra-sônicas de baixa intensidade (Berents apud Nagy, 1980) e em sementes de milho (Attaullaev apud Nagy, 1980). Entretanto, estudos em sementes de cevada e feijão, com a utilização de diferentes freqüências e intensidades de radiações ultra-sônicas, indicaram a morte das mesmas (Woltwers apud, Nagy, 1980). Resultados encontrados por Guida e Gorshkov apud Nagy (1980), entretanto, não apontaram efeitos sobre a germinação, mas incremento de massa das plântulas.

Estudos em espécies hortícolas foram realizados a fim de verificar os efeitos sonoquímicos sobre o desenvolvimento de algumas espécies, como

melão, no qual foram analisados parâmetros de qualidade em diferentes áreas do fruto, obtendo informações fisiológicas básicas e a relação com parâmetros físicos, através da excitação por ondas ultra-sônicas em forma de propagação acústica (Mizrach et al., 1994). Além destes, a sonicação também é usada na desnaturação ou degradação de proteínas, onde a ação da cavitação promove modificações em biomoléculas, como proteínas, formação de gases, líquidos, proporcionando alguns estresses em moléculas, além da formação de radicais livres (Stathopoulos et al., 2004).

Considerando-se que as radiações de ultra-som podem promover a escarificação do tegumento, liberar compostos fenólicos e aumentar a disponibilidade de O₂ para embrião, promovendo a germinação, além de melhorar a qualidade das sementes, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos das radiações de ultra-som sobre a superação da dormência e qualidade fisiológica de sementes de arroz.

1.1.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS), do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria, no ano de 2004, utilizando-se sementes de arroz irrigado, cv. IRGA 417 e de sequeiro cv. Primavera, provenientes de produtores de sementes da região de Santa Maria - RS.

As sementes de arroz, colhidas com aproximadamente 20% de umidade, foram imediatamente submetidas à secagem até atingirem umidade de 13,0%, quando foi realizado o teste de germinação para detectar a presença e a intensidade de dormência das sementes. Essa foi detectada, após a utilização do tratamento de pré-secagem, na qual as sementes não dormentes apresentaram germinação mais elevada. Realizaram-se avaliações de qualidade inicial das sementes, como o teste de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação, descritos, a seguir:

Teste de germinação (G) - realizado com quatro repetições de 100 sementes, semeadas em rolos de papel, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel substrato. As sementes foram mantidas à temperatura constante de 25 °C e a contagem final foi realizada aos quatorze dias, considerando-se as plântulas normais de cada repetição, obtendo-se a média das repetições, com os dados expressos em percentagem de germinação.

Primeira contagem (PC) - o teste foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, utilizando-se quatro repetições de 100 sementes, computando-se os dados obtidos no sétimo dias após a instalação do teste. Considerou-se como resultado do teste a média das repetições, expressa em percentagem de plântulas normais.

Índice de Velocidade de Germinação (IVG) - foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes, semeadas sob duas folhas de papel filtro, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel substrato. As sementes foram mantidas à temperatura constante de 25 °C. Para cada repetição, foi calculada a velocidade de germinação das sementes, somando-se o número de plântulas emersas a cada dia, dividido pelo respectivo número de dias transcorridos a partir da semeadura. Esse procedimento foi adotado até se obter número constante de sementes germinadas, conforme Marcos Filho (1999).

Assim, um lote de sementes dormentes, de cada cultivar, foi selecionado para a realização dos tratamentos com ultra-som, que se basearam-se na exposição das sementes as ondas ultra-sônicas produzidas por equipamento de banho ultra-sônico, marca Bandelin, modelo RK 510[®], fabricado em Berlim, Alemanha, potência de 640 W, volume de 9,7 L e capacidade de 6,6 L. Utilizou-se períodos de exposição de 5, 10, 15 e 20 minutos e temperaturas constantes de 20, 30 e 40 °C.

Foram utilizados 80 g de sementes mantidas em copos de beckers com capacidade de 500 mL, contendo 200 mL de água destilada e expostos às ondas ultra-sônicas com freqüente agitação das sementes, a fim de padronização dos tratamentos. Após cada tratamento, as sementes foram lavadas três vezes em água destilada e armazenadas em tubos de ensaio abertos, evitando a condensação de água no tubo, até o final da semeadura para avaliação da qualidade fisiológica. Após, foram realizados os testes de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação, descritos anteriormente.

Análise estatística: utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, onde os tratamentos constituíram um fatorial 4x3 (quatro períodos de exposição e três temperaturas), com os dados obtidos analisados através de análise de variância e regressão polinomial.

1.1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417 apresentaram baixa qualidade inicial, havendo 68% de germinação e vigor reduzindo, representado pelo teste de primeira contagem, com 22% de plântulas formadas após setes dias. O IVG das sementes foi de 2,5, indicando que as sementes necessitam longos períodos para germinação. Esses dados indicam que as sementes de arroz apresentam dormência, e portanto, os testes com ultra-som foram utilizados para sua superação.

Os resultados de germinação e primeira contagem das sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, submetidas ao tratamento de radiação por ondas ultra-sônicas na superação da dormência, são apresentados na Figura 1.

Os efeitos dos períodos de exposição das sementes sobre a germinação e primeira contagem (Figura 1a), não mostraram diferenças significativas em ambos os testes. Contudo, no teste de germinação, os valores absolutos

demonstraram que os períodos de 10 e 20 minutos apresentaram maiores percentagens de germinação, indicando que, embora a dormência das sementes não tenha sido completamente superada, provavelmente, devido à presença de diferentes intensidades (Guimarães et al., 2000b), a exposição das sementes às ondas ultra-sônicas provocou a eliminação parcial das causas da dormência, provavelmente, liberando compostos inibidores presentes na casca (Ketring, 1973; Vieira et al., 2000; Marcos Filho, 2005). Desta forma, após ocorrer à saturação dos compostos fenólicos, tornam-se disponíveis quantidades suficientes de oxigênio para o embrião (Bewley e Black, 1994), possibilitando à germinação das sementes.

No teste de primeira contagem foram observados resultados semelhantes aos de germinação, onde a percentagem de plântulas normais se manteve constante entre os períodos de exposição. Os períodos de 5 e 20 minutos obtiveram maiores percentagens absolutas de plântulas formadas aos sete dias, sem haver diferença entre eles. Esses dados sugerem que as radiações de ultra-som favoreceram a eliminação das causas responsáveis pela dormência, refletindo na formação de plântulas normais. Possivelmente, isto se deva a formação de componentes reativos na solução e degradação de estruturas poliméricas, além da ação da cavitação, que auxilia na volatilização dos compostos fenólicos (Martines et al., 2000; Korn, 2003) e promove modificações em biomoléculas, como proteínas, formação de gases, líquidos, promovendo alguns estresses em moléculas e formação de radicais livres (Stathopoulos et al., 2004).

Assim como os tratamentos de superação de dormência, que envolvem escarificação mecânica (Marcos Filho, 2005), provavelmente, as radiações ultra-sônicas promoveram “escarificação” do tegumento das sementes, permitindo a entrada livre de água e gases. No entanto, embora as radiações de ultra-som possam favorecer o processo de germinação, convém salientar que a falta de padronização do método, dificultou a obtenção de resultados conclusivos.

Na Figura 1b encontram-se os dados referentes aos efeitos da temperatura utilizada durante a aplicação da técnica de ultra-som para a superação da dormência, nas sementes da cultivar IRGA 417 nos testes de primeira contagem e germinação das sementes.

Em relação à percentagem de germinação e a primeira contagem, os resultados indicaram que a elevação da temperatura provocou aumento linear na percentagem de plântulas normais formadas, sendo os maiores resultados encontrados na temperatura de 40 °C. Isso ocorreu, provavelmente, devido à liberação dos compostos que competem com o embrião pelo O₂, reduzindo também a catálise das reações pela atividade da peroxidase, aumentando a disponibilidade de O₂ para o embrião e, conseqüentemente, favorecendo o início da germinação, como indicaram Roberts (1961) e Jennings e Jesus Junior (1964).

A Figura 2 apresenta os resultados referentes ao índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de arroz cv. IRGA 417, submetidas ao tratamento de ultra-som na superação da dormência. Observaram-se os efeitos dos períodos de exposição das sementes às radiações ultra-sônicas sobre a velocidade de formação de plântulas.

Nos períodos testados não se observou ajuste de equação, contudo nos períodos de 5 e 20 minutos (Figura 2a) a velocidade se manteve constante em 2,9, sendo maior do que o encontrado nos períodos de 10 e 15 minutos, na qual as sementes apresentaram IVG de 2,8. Esses dados, assim como observado no teste de primeira contagem, indicam que as radiações ultra-sônicas podem promover aumento na velocidade de germinação das sementes comparadas a sementes não tratadas. No entanto, os resultados observados não estabelecem, de modo claro, o tempo mais adequado para superação da dormência nas cultivares estudadas. Aumentos na velocidade de germinação foram observados também em sementes de feijão (Berents apud Nagy, 1980) e milho (Attullaev apud Nagy, 1980).

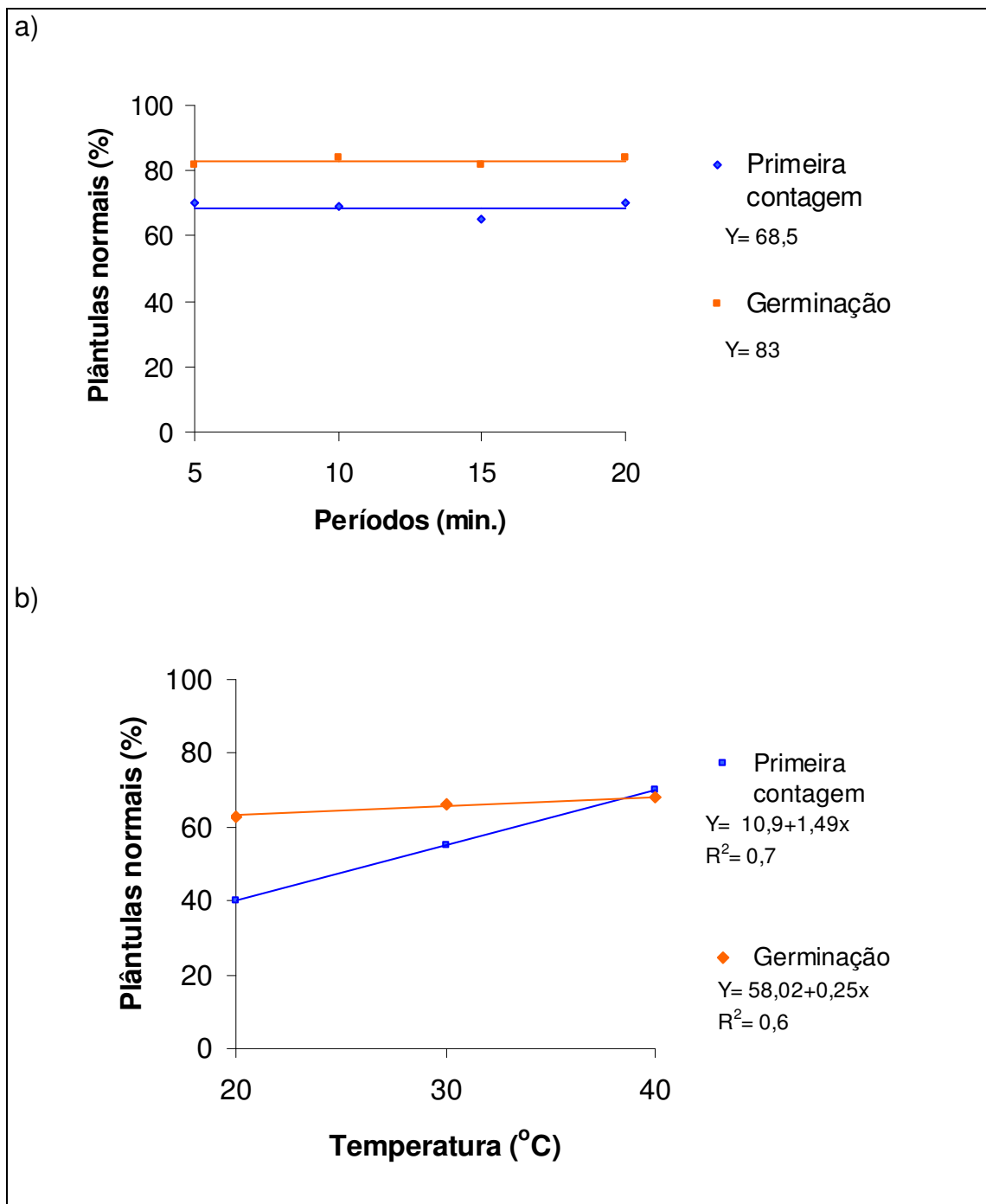


FIGURA 1: Percentagem de plântulas normais obtidas nos testes de germinação e primeira contagem das sementes de arroz IRGA 417, após tratamentos de ultra-som para superação da dormência: a) períodos de exposição das sementes; b) temperatura de exposição das sementes. Santa Maria – RS, 2005.

Os efeitos da temperatura do ultra-som sobre o IVG são encontrados na Figura 2b, observando-se aumento linear da velocidade de germinação com o aumento da temperatura, como destacam Martines et al. (2000); Mason e Lorimer (2000). Os melhores resultados de velocidade de germinação podem ser verificados na temperatura de 40 °C, seguida de 30 e 20 °C, onde a germinação foi mais lenta.

A temperatura de 40 °C foi mais eficiente, provavelmente, devido aos seus efeitos sobre os processos fisiológicos das sementes, que exercem influência no início das atividades metabólicas. A seqüência de reações químicas, que dependem da atividade de sistemas enzimáticos específicos, apresenta exigências próprias quanto à temperatura, apresenta tempo de permanência e temperatura variáveis (Ferreira e Borghetti, 2004), podendo haver, portanto, alterações na velocidade, percentagem e uniformidade de germinação (Marcos Filho, 2005).

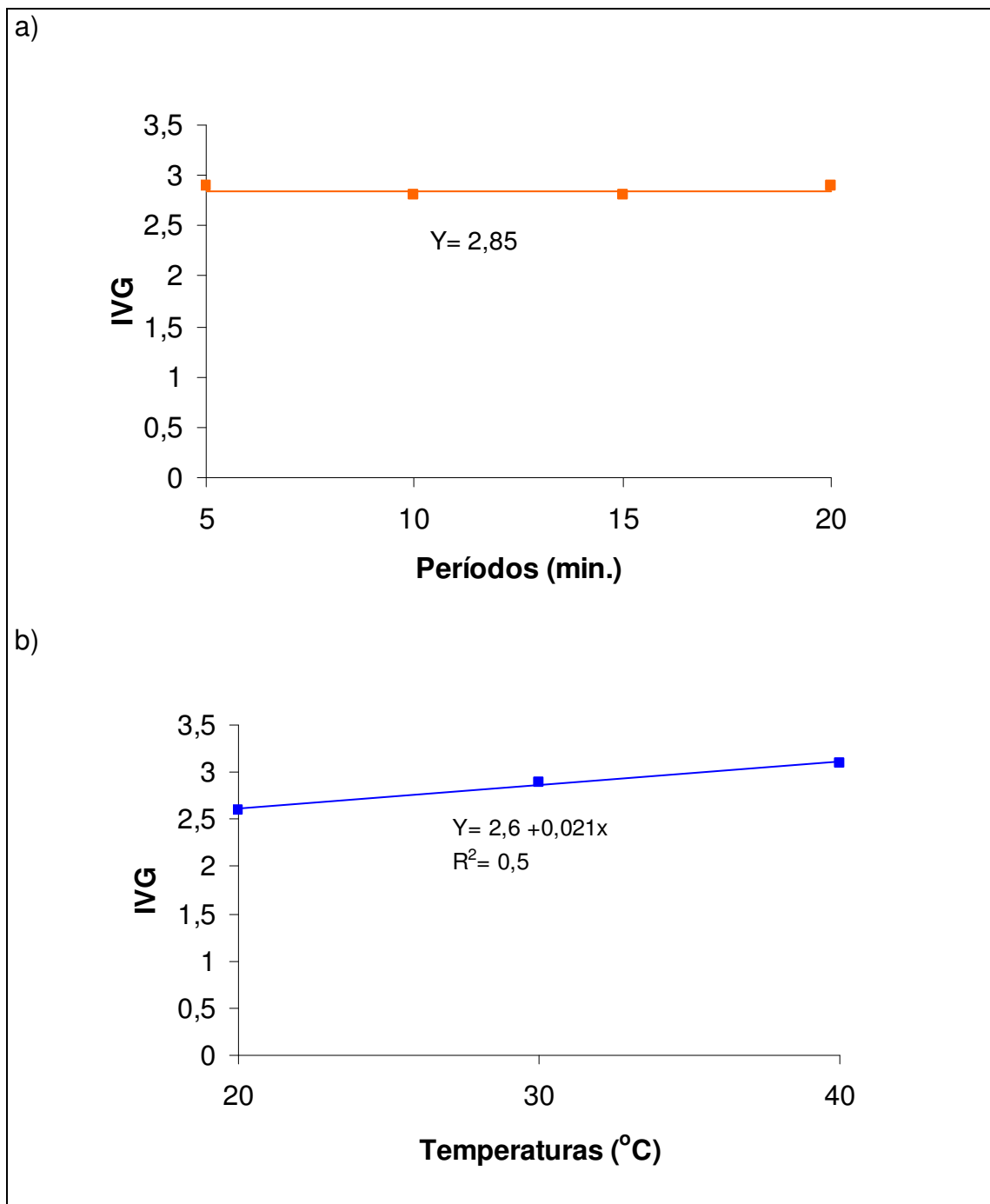


FIGURA 2: Índice de velocidade de germinação de sementes de arroz cv. IRGA 417, submetidas ao tratamento de ultra-som para superação da dormência: a) efeito dos períodos de exposição das sementes; b) efeito da temperatura de exposição das sementes. Santa Maria - RS, 2005.

As sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera apresentaram baixa qualidade inicial, havendo 43% de germinação e vigor reduzindo, representado pelo teste de primeira contagem, com 27% de plântulas formadas após setes dias. O IVG das sementes foi de 2,7, indicando que as sementes necessitam longos períodos para germinação. Esses dados indicam que as sementes de arroz apresentam dormência, e portanto, os testes com ultra-som foram utilizados para sua superação.

Na Figura 3 estão os resultados da interação entre os períodos e temperaturas de exposição às radiações de ultra-som das sementes de arroz da cultivar Primavera sobre a percentagem de plântulas normais no teste de germinação.

Os resultados indicaram que houve pouca variação entre as temperaturas estudadas, sendo os melhores resultados encontrados com 30 °C, seguidos de 40 °C, com tendência a melhores resultados com a utilização de períodos maiores. Esse fato reforça a idéia de que a utilização de temperaturas altas nos tratamentos com ultra-som pode ser eficiente na eliminação dos compostos inibidores, pois, sabe-se que durante o período de exposição ao calor, sementes de algumas espécies apresentam rachaduras no tegumento, tornando-as permeáveis, o que facilita a drenagem de substâncias inibidoras, bem como a entrada de O₂ e água, necessários para o processo de germinação (Bewley e Black, 1994).

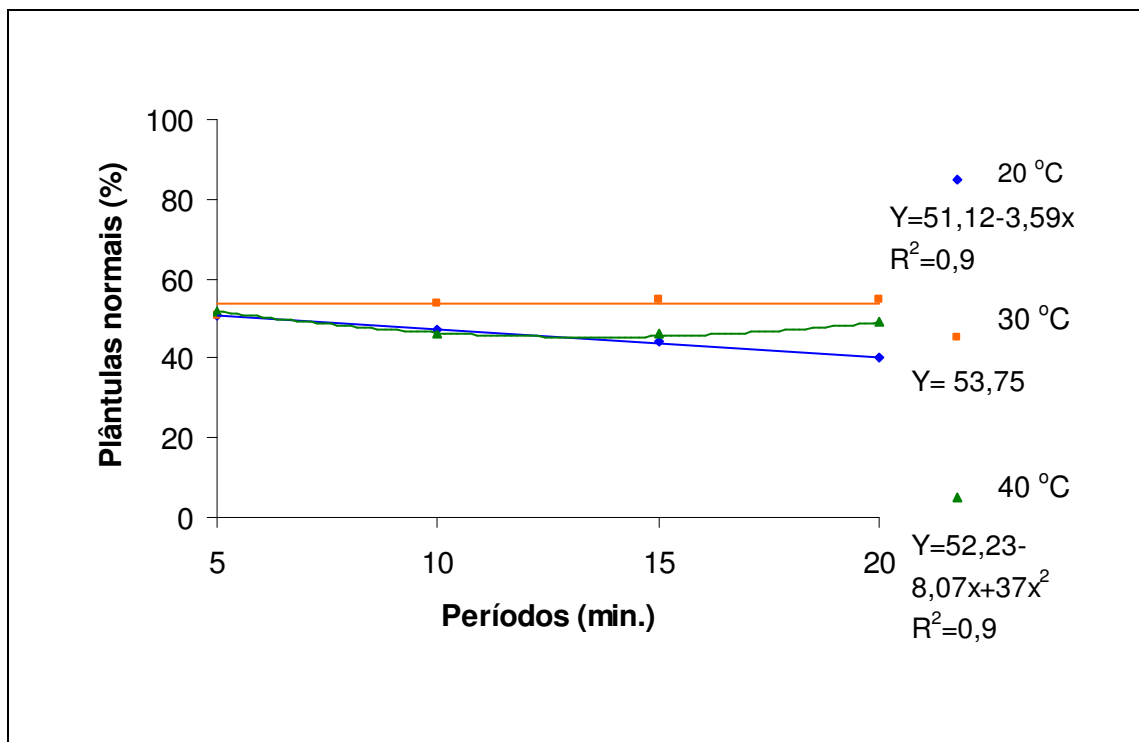


FIGURA 3: Efeito da Interação entre a temperatura e os períodos exposição ao ultra-som, sob a germinação das sementes de arroz da cv. Primavera. Santa Maria - RS, 2005.

Estudos sobre a temperatura na superação da dormência de arroz apontam a temperatura de 30 °C como eficiente (Guimarães et al., 2000a). Além disso, vários estudos com variação de temperatura na superação da dormência de sementes de arroz têm sido realizados, por pesquisadores como: Vieira et al. (1994); Dias e Shioga, (1997); Franco et al. (1997); Naredo et al. (1998); Seshu e Dadlani (1991); Naredo et al. (1998); Guimarães et al. (2000a); Guimarães et al. (2000b); Vieira et al. (2002).

A análise dos períodos de exposição das sementes às radiações de ultra-som também apontou pouca variação entre eles, sendo a maior percentagem de germinação encontrada após 5 e 20 minutos de sonicação. Os dados revelaram que nos períodos testados para esta cultivar, os efeitos da sonicação não foram evidentes, portanto não se observou diferença entre os extremos de permanência das sementes no tratamento de ultra-som.

A Figura 4a apresenta os resultados de primeira contagem e não houve ajuste de equação, sendo porém, possível observar acréscimos nos valores absolutos de percentagem de plântulas normais formadas com o aumento dos períodos de exposição. Verificou-se elevação da percentagem de plântulas com 20 minutos de exposição.

A elevação da temperatura durante as radiações de ultra-som sobre as sementes de arroz de sequeiro, cv. Primavera (Figura 4b), provocou decréscimo da percentagem de plântulas normais formadas com o aumento da temperatura, provavelmente, sendo necessários períodos de tempo maiores para reorganização das sementes e ativação do metabolismo para a germinação (Marcos Filho, 2005). Esses dados são contrários aos encontrados nas sementes de arroz da cultivar IRGA 417, onde a elevação da temperatura favoreceu a formação de plântulas normais, indicando que as diferenças varietais exercem influência sobre os efeitos sonoquímicos provocados pelo ultra-som na superação da dormência de sementes de arroz.

Além disso, os efeitos sonoquímicos provocados pelas radiações de ultra-som, podem ter sido também, afetados pela temperatura. Nesse sentido, sabe-se que o aumento da temperatura promove maior velocidade das reações e a formação e implosão de microbolhas (Korn, 2003), favorecendo, dessa forma, a volatilização e liberação de compostos inibidores presentes na casca (Ketring, 1973; Vieira et al., 2000), que competem com o embrião pela disponibilidade de oxigênio, necessário para a geminação (Seshu e Dadlani, 1991; Bewley e Black, 1994).

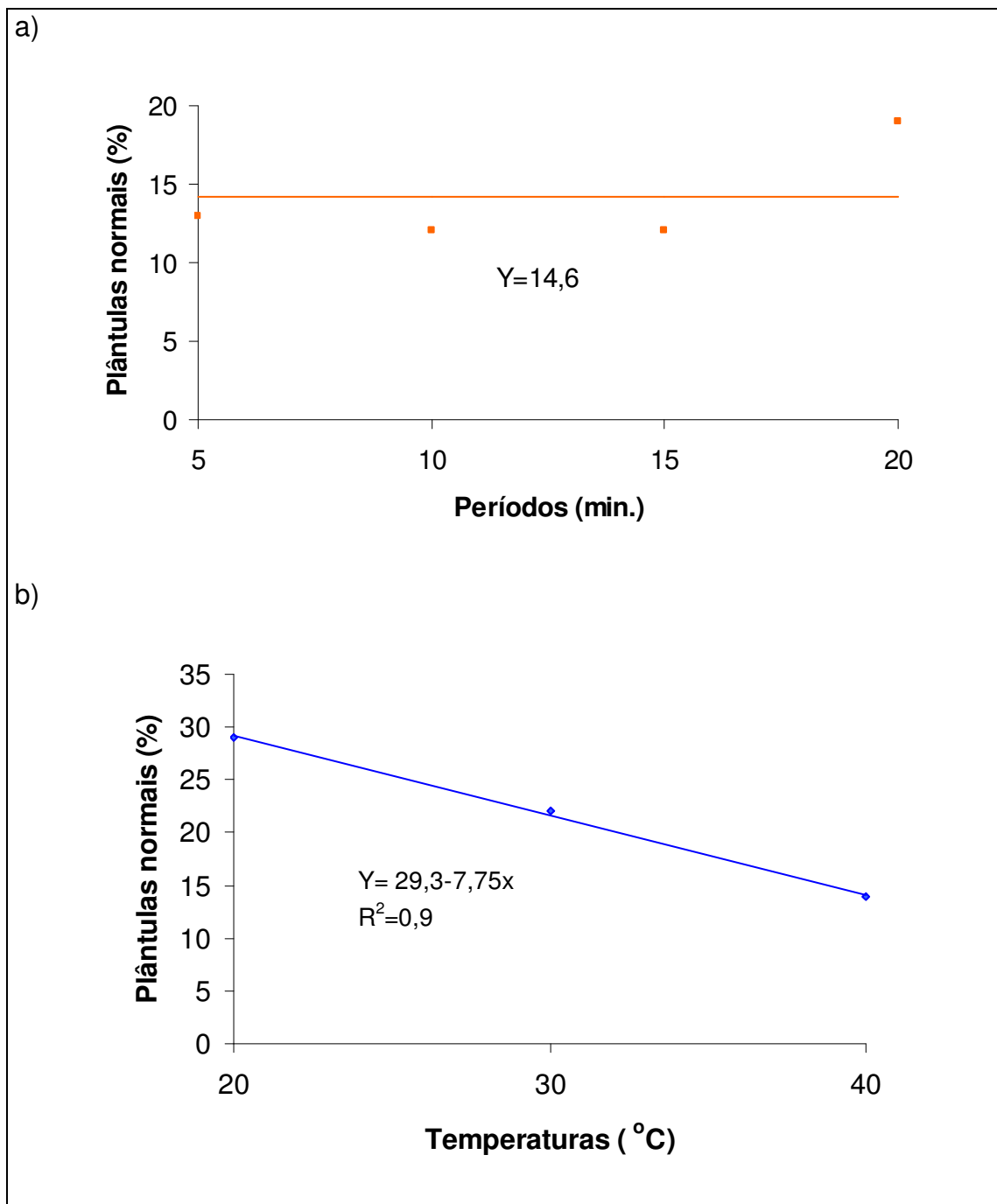


FIGURA 4: Efeito dos períodos de exposição das sementes de sequeiro cv., Primavera, às radiações de ultra-som sobre o teste de primeira contagem (a); efeito da temperatura de exposição das sementes (b). Santa Maria - RS, 2005.

Os dados sobre o índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz cv. Primavera, estão representados na Figura 5. O efeito dos períodos de exposição das sementes sobre o índice de velocidade de germinação (Figura 5a) confirmam o observado nas sementes de arroz da cultivar IRGA 417, no qual, os efeitos sonoquímicos promoveram a germinação mais rápida das sementes. Contudo, não é possível afirmar qual o período mais adequado para a superação da dormência, embora os valores absolutos indiquem melhores resultados para 5 e 15 min. Assim, são necessários mais estudos a fim de determinar com precisão o melhor período de exposição das sementes ao ultra-som.

Deve-se ressaltar, entretanto, que além dos períodos de exposição das sementes, outros fatores como intensidade de dormência, concentração de compostos inibidores (Ketring, 1997; Vieira et al., 2000) presentes na casca, entre outros devem ser considerados para que ocorra superação total da dormência de sementes de arroz.

O IVG das sementes após os tratamentos em diferentes temperaturas (Figura 5b) indicou um aumento significativo na velocidade de germinação à medida que elevou-se a temperatura. Observou-se que na temperatura de 20 °C, considerada temperatura ambiente da água, houve menor velocidade de germinação das sementes, possivelmente pela inibição imposta pelos compostos fenólicos, juntamente com a alta atividade da peroxidase que compete pelo O₂ (Jennings e Jesus Junior, 1964), dificultando o seu aproveitamento pelo embrião. No entanto, o mesmo não foi constatado nas temperaturas mais elevadas, que obtiveram maior IVG, sendo a temperatura de 40 °C considerada a mais eficiente para a superação da dormência das sementes da cultivar Primavera, assim como na cultivar IRGA 417, provavelmente, por proporcionar a eliminação dos compostos inibidores da casca permitindo que o processo de germinação fosse completado.

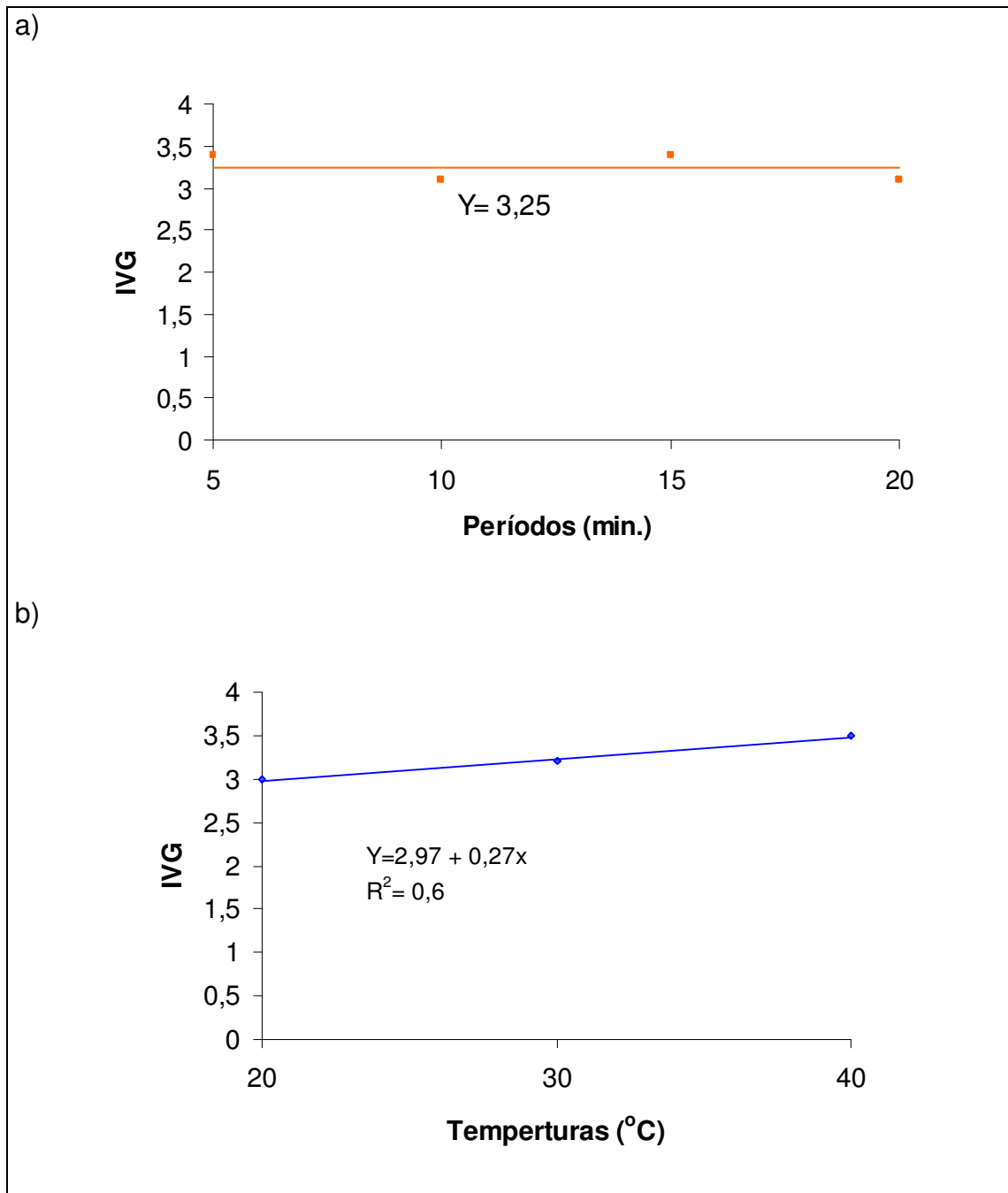


FIGURA 5: Índice de velocidade de germinação de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera, submetidas ao tratamento de ultra-som para superação da dormência: a) efeito dos períodos de exposição das sementes; b) efeito da temperatura de exposição das sementes. Santa Maria - RS, 2005.

1.1.4. CONCLUSÕES

As radiações de ultra-som afetam a qualidade das sementes de arroz, sendo um método promissor para a superação da dormência, necessitando ainda sua padronização.

1.1.5. REFERÊNCIAS

AMARAL, A.S. Aspectos da dormência em sementes de arroz. **Lavoura arrozeira**, Porto Alegre, v. 45, n.405, nov/dez, 1992.

BEWLEY J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. Berlim: SprigVerlag, 1994, v.2, 375 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CÔME, D.; TISSAOURI, T. Interrelated effects of imbibition, temperature and oxygen on seed germination. **In**: Heydecker, W. (Ed). *Seed Ecology*. London, Butterworth. P.433-462, 1973.

DIAS, M.C.L.L.; SHIOGA, P.S. Tratamentos para superar a dormência em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.1, p.52-57, 1997.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Editora Artmed, São Paulo, 2004, 32 p.

FINDLEY Jr., W.R; CAMPBELL, L.E. Ultrasonic treatments of dormant hybrid corn seed. **Agronomy Journal**, v.45, January. Americansociety of Agronomy. Madson, 1953.

FRANCO, F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.; LIVIRA, A.; TAVARES, W. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre. v.50, n.430, p.11-15, jan./fev., 1997.

KETRING A.L. Germination inhibitors. **Seed Science and Technology**. Norway, v.1, n.2 p.305-324, 1973.

JENNINGS, P.R.; JESEUS, JUNIOR, J. Effect of heat on breaking seed dormancy in rice. **Crop Science**, Madison, v.4, n.5, p.530-533, sept.oct, 1964.

GUIMARÃES, I.F.G.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; GONZALES, A.M.A. Comparação de métodos de superação de dormência em sementes de arroz. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.5, n.1. p.68-76, 2000a.

GUIMARÃES, I.F.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A. Métodos de superação de dormência para determinar o potencial germinativo de sementes de arroz. **Científica Rural**, Bagé, v.5, n.1. p.77-88, 2000b.

KORN, M. Aplicações analíticas de ondas ultra-sônicas. Disponível em: www.iqm.unicamp.br/sbq/dqa/ondaultrasom.htm. Acessado em agosto 2003.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005, 495p. il.

MARTINES, M.A.U., DAVOLUS, M.R.; JAFELICCI JÚNIOR, M. O efeito do ultra-som em reações químicas. **Química Nova**, Araraquara, v.23, n.2, p.251-255, 2000.

MASON, T.J.; LORIMER, J.P. **Applied Sonochemistry**: the uses of power ultrasound in chemistry and processing. Coventry University. Germany, 2000. 303 p.

MIKELSEN, D.S.; SINAH, M.N. Germination inhibition in *Oryza sativa* and control by pre-planting soaking treatments. **Crop Science**, Madson. v.1, p.332-335. 1967.

MIZRACH, A.; GALILI, N.; TEITEL, D.C; ROSENHOUSE, G. Ultrasonic evaluation of some ripening parameters of autumn and winter-grow 'Galia' melons. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam. n.56, p. 291-297. Elsevier Science B.V., 1994.

NAGY, J; PÁSZTOR, K.; E LAZÁNYI, J. Ultrasonic treatment on maize seed. **Acta agronomica**. Academiae Scientiarum Hungaricae, n.29, p.364- 368, 1980.

NAREDO, M.E.B.; JULIANO, A.B.; LU, B.R; GUZMÁN, F.; JACKSON, M.T. Responses to seed dormancy-breaking treatments in rice species (*Oryza sativa* L.). **Seed Science and Technology**, Zurich. v.26, p.67-689, 1998.

NAVASERO, E.P.; BAUN, L.C.; JULIANO, B.O. Grain dormancy, peroxidase activity and oxygen uptake in *Oryza sativa*. **Phytochemistry**, London. v.14, p.1899-1902, 1975.

OKAMOTO, K.; AKAZAWA, T. Purification of α and β amylases for endosperm tissue in germinating rice seeds. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v.42, n.7 p.1379-1384, 1978.

ROBERTS, E.H. Dormancy in rice seed. III. The influence o temperature, moisture and gaseous environment. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v.13, p.75-94, 1961.

STATHOPOULOS, P.B.; SCHOLZ, G.A.; HWANG, Y.M; RUMFELDT, J.A.O.; LEPOCK, J.R.; MEIRIENING, E.M. Sonication of proteins causes formation of aggregates that resemble amyloid. **Protein Science**, v.13, p.3017-3027, 2004.

SESHU, D.V.; DADLANI, M. Mechanism of seed dormancy in rice. **Seed Science Research**, v.1, p.187-194, 1991.

SESHU, D.V.; SORRELS, M.E. Genetic studies on seed dormancy in rice. In: Anonymous (ed). **Rice genetics Los Bancos**, Philippines, International Rice Research Institute, 1986.

VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M.G.G.C; CARVALHO, V.D.; FRAGA, A.C. Efeitos de tratamentos pré-germinativos na superação a dormência de sementes de arroz e na atividade enzimática da peroxidase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.535-542, 1994.

VIEIRA, R.V.; VIEIRA, M.G.G.C.; FRAGA, A.C.; OLIVEIRA, J.A.; SANTOS, C.D. Action of gibberellic acid (GA3) on dormancy and activity of α -amilase in rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.43-48, 2002.

VIEIRA, A.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; OLIVEIRA J.A.; SANTOS, C.D. Alterações fisiológicas e enzimáticas em sementes dormentes de arroz armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas. v.22, n.2, p.53-61, 2000.

CAPÍTULO 2
PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ

2.1. INTRODUÇÃO

Inúmeras técnicas são empregadas com a finalidade de favorecer a germinação das sementes e reduzir o tempo necessário entre a semeadura e a emergência das plântulas, bem como, aumentar a tolerância das sementes às condições ambientais adversas no momento da semeadura (Braccini et al., 1996; Mota e Silva, 1997; Trigo e Trigo, 1999). Assim, os tratamentos fisiológicos, osmótico ou mátrico, a umidificação ou ainda a pré-hidratação, consistem em hidratar as sementes sob tempo e temperatura determinados, a fim de promover a germinação (Anwar et al., 1978; Braccini et al., 1996).

Entre esses tratamentos, destaca-se a pré-germinação, na qual ocorre a preparação das sementes para a germinação através da absorção de água, promovendo, desta forma, benefícios ao desempenho de lotes de sementes e ou plântulas produzidas (Marcos Filho, 2005).

O condicionamento de pré-germinação está baseado na hidratação das sementes, provocando a retomada do seu metabolismo. Isso porque há necessidade de reparo dos componentes celulares danificados durante a desidratação das sementes na maturação (Marcos Filho, 2005). Portanto, a atividade e o metabolismo celular são determinados pelo teor de água nas sementes durante a fase de hidratação.

A absorção de água pelas sementes é a primeira fase da germinação e segundo Bewley e Black (1994), ocorre de acordo com um padrão trifásico. Na primeira fase ou fase I, também conhecida como fase de embebição, observa-se rápida absorção de água, devido a uma diferença de potencial osmótico entre a semente e o ambiente. Assim, as sementes absorvem água até atingirem o equilíbrio com o meio e em geral, essa fase ocorre tanto em sementes viáveis, dormentes ou mortas.

Os estádios iniciais da hidratação, no entanto, promovem a liberação de solutos e macromoléculas, como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons, entre eles P e K, com maior intensidade. Essa lixiviação pode interferir no restabelecimento das organelas celulares, particularmente nas membranas

celulares com capacidade de seletividade, que, portanto, perdem sua eficiência durante o processo de secagem, podendo resultar o sucesso ou o fracasso da germinação de sementes condicionadas (Marcos Filho, 2005).

A fase II da hidratação ocorre com menor velocidade de absorção, constituindo a fase de preparo e ativação metabólica. Nesta fase, ocorre a distribuição e translocação de nutrientes para o embrião (Bewley e Black, 1994) associada ao início do crescimento embrionário, através de expansão, divisão e alongamento celular, que constituem a fase III, onde se observa a protrusão da radícula (Castro e Hilhorst, 2004).

Salienta-se, portanto, a importância do controle da umidade das sementes, que acima de 13,0% iniciam várias atividades metabólicas importantes para a germinação. Assim, teores de água entre 18 e 30% promovem intensa respiração, estruturação do sistema de membranas celulares, síntese de ATP, entre outros eventos. Quando as sementes atingem teores de água acima de 30,0%, é iniciada a síntese de proteínas e ácidos nucléicos, além do reparo de membranas e DNA.

O final do processo de hidratação é, portanto, marcado pela protrusão da radícula da semente, geralmente com umidade superior a 41,0% (Marcos Filho, 2005). O crescimento da raiz na semente ocorre em geral, por alongamento ou expansão das células, seguido pela diferenciação e crescimento da plântula, resultado de processos de expansão e divisão celular (Castro e Hilhorst, 2004).

A duração de cada fase de hidratação depende, no entanto, de propriedades inerentes à semente, bem como das condições de hidratação, temperatura e composição do substrato utilizado (Pinho et al., 2004).

O condicionamento fisiológico de sementes pode ser afetado por fatores como temperatura, potencial osmótico da solução e período de tratamento (Heydecker et al., 1975). Além destes, também são incluídos o genótipo da cultivar, velocidade de absorção, grau de deterioração, secagem, armazenamento, potencial fisiológico das sementes e procedimento adotado, entre outros (Marcos Filho, 2005).

Em relação à temperatura, Bevilaqua et al. (1997) destacam que as baixas temperaturas no período de imersão das sementes podem causar prejuízos ao seu vigor. Esse efeito negativo de temperaturas inferiores a 15 °C sobre a germinação e desenvolvimento da plântula é conhecido como dano por resfriamento e está, provavelmente, relacionado à danificação das membranas. Com isso, observa-se a perda de vários compostos orgânicos do eixo embrionário, principalmente de nucleotídeos, podendo causar redução na sobrevivência e crescimento das plântulas (Pollock, 1969).

Estudos avaliando a embebição e secagem de sementes de cenoura, evidenciam o efeito da temperatura no metabolismo das proteínas, onde temperaturas elevadas de embebição promovem maior liberação de teores de proteínas e aminoácidos solúveis, além de aumentar a velocidade de emergência das plântulas e metabolismo das sementes (Bevilaqua et al., 1997).

O condicionamento fisiológico de sementes, através do sistema de plantio pré-germinado é utilizado na cultura do arroz, especialmente no estado de Santa Catarina e em menor intensidade no Rio Grande do Sul, com aproximadamente 11% da área cultivada. Nesse sistema, as sementes pré-germinadas oferecem como principal vantagem, a eliminação dos efeitos variáveis do clima e condições de solo sobre a germinação das sementes, permitindo uma emergência rápida e uniforme das plântulas por ocasião da semeadura (Braccini et al., 1996).

A técnica da pré-germinação utilizada pelos produtores de arroz irrigado consiste na germinação das sementes em água aerada até a protrusão da radícula, favorecendo a seleção de sementes não viáveis e com germinação lenta, que podem ser previamente removidas. Além disso, as sementes pré-germinadas apresentam maior velocidade de emergência, uniformidade no estabelecimento inicial e, conseqüentemente na lavoura, devido a menor competição com o arroz vermelho, por apresentar emergência anterior a este, sendo, portanto, mais fácil o seu controle (Arbage e Souza, 2003) e, favorecendo, com isso, a obtenção de maiores rendimentos.

Normalmente, os produtores de arroz preparam as sementes, mantendo-as imersas em água por um período de 24 horas, sendo denominado o período de imersão e após, são colocadas à sombra durante 24 a 36 horas, o que constitui o período de incubação. Existe, no entanto, ampla variação, principalmente no período de tempo utilizado para o condicionamento das sementes (Pedroso, 1978; Ramos et al., 1985; Lopes et al., 1995; Colasante, 2001).

A técnica de pré-germinação das sementes de arroz realizada em laboratório, também apresenta variação nos períodos e temperaturas utilizadas. Geralmente, as sementes são mantidas em imersão por 24 horas e depois em incubação por igual ou superior período de tempo. De acordo com Lauretti et al. (2001) as sementes são acondicionadas em sacos de algodão porosos e mergulhadas em recipientes com água para hidratação, em temperatura ambiente de 26 °C por períodos de 30 horas. Posteriormente, são incubadas em estufa por 42 horas e mantidas a 25 °C.

O tempo de imersão e de incubação é, no entanto, dependente da cultivar e da temperatura ambiente. Segundo Marcos Filho (2005), a sensibilidade da semente à embebição é controlada pelo teor inicial de água, temperatura e taxa de absorção, assim, à medida que se aumenta o período de imersão das sementes diminui o período de incubação. No entanto, períodos longos de imersão das sementes podem favorecer a formação de plântulas anormais ou pouco vigorosas, além do aparecimento de odor característico de putrefação devido à diminuição da concentração de O₂ presente na água (Franco et al., 1997).

O condicionamento de sementes em larga escala inclui no final do processo, a secagem das sementes, a fim de possibilitar sua semeadura ou armazenamento sem causar danos ao embrião (Trigo e Trigo, 1999; Castro e Hilhorst, 2004). Isto, porque o processo de hidratação e desidratação de sementes reduz a deterioração fisiológica e aumenta o potencial de armazenamento (Kundu e Basu, 1981). No entanto, durante a secagem, pode haver, liberação de solutos, quando as sementes se encontram com teor de

água superior a 25,0%, a qual apresenta máxima manutenção da integridade das membranas. Teores de água menores promovem a redistribuição das moléculas, formando espécies de canais e, devido à rápida embebição das sementes ocorre a liberação de exsudados, como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons (Marcos Filho, 1995). Íons como N, P, K, Ca, Mg e Fe são encontrados em altas quantidades nas águas de drenagem dos sistemas de cultivo, que envolvem pré-germinação e podem afetar a sustentabilidade do sistema (Marchezan et al., 2004).

Além disso, a secagem das sementes assume caráter letal em alguns estádios do desenvolvimento das sementes, como por exemplo, logo após o início do processo de maturação e durante a germinação, sugerindo que alguns tecidos não consigam sobreviver aos estresses mecânicos associados à secagem.

A secagem das sementes deve ser realizada no início da etapa de hidratação, visto que as células embrionárias mantêm a capacidade de tolerância à desidratação durante a primeira etapa da embebição (Marcos Filho, 2005), ou seja, antes que as sementes atinjam fase III da hidratação. Até esta fase, as sementes são tolerantes à dessecação por não haver a formação da radícula. Assim, a partir da fase visível do processo de germinação, pode haver danos irreparáveis ao embrião (May et al., 1962; Mckersie e Tomes, 1980) e prejuízos crescentes e proporcionais à evolução da atividade metabólica das sementes, tornando-se, geralmente irreversíveis (Marcos Filho, 2005). Da mesma forma, se a secagem ocorrer prematuramente após a hidratação, a ativação do metabolismo pode ser insuficiente para uniformizar o desempenho da amostra.

Estudos realizados por Bevilaqua et al. (1997) indicam que a secagem após o condicionamento osmótico não afeta o vigor das sementes, e quando é realizada por meio natural, ocorre aceleração do metabolismo celular.

Embora algumas espécies apresentem baixa tolerância à dessecação após o condicionamento osmótico, havendo aumento da degradação de rRNA durante a reidratação e conseqüentemente, redução na síntese de proteínas

essenciais para o desenvolvimento embrionário, a secagem das sementes antes que atinjam a fase de emissão da raiz, pode favorecer a semeadura mecânica, promovendo melhoria na qualidade das sementes, através dos efeitos do condicionamento.

A preparação das sementes pelos agricultores, ocorre até a fase de formação de plântulas, havendo emissão de radícula e/ou hipocótilo, no entanto, é importante salientar que o condicionamento fisiológico prepara as sementes antes mesmo da germinação visível, através da hidratação e ativação metabólica.

2.1.1. REFERÊNCIAS

ANWAR, A.K.; KAR-LING TAO; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B.; LOY, E.P. Osmotic conditioning of seed: physiological and biochemical changes. **Acta Horticulturae**, Warwickshire. v.83, p.267-278, 1978.

ARBAGE, A.P.; SOUZA, R.S. Análise de investimento do sistema de cultivo de arroz pré-germinado em relação ao cultivo convencional: em estudo de caso na Depressão Central do Rio Grande do sul, disponível em <http://read.ea.ufrgs.br>, acessado em 2003.

BEVILAQUA, G.A.P; PESKE, S.T.; BENEDITO FILHO, G.S.; SANTOS, D.S.B. Efeito da embebição-secagem de sementes de cenoura no vigor e potencial de armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas. v.3, n.3, p. 131-138, set/dez. 1997.

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

BEWLEY J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. Berlim: SprigVerlag, v.2, 375p, 1994.

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.

CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. **In: FERREIRA, A.G. e BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado**. Editora Artmed, São Paulo, 2004, 32 p.

COLASANTE, O. Práticas culturais. **In: arroz irrigado: práticas de cultivo**. Instituto Agrônômico do Paraná. Circular Técnica, Londrina. 2001. 197 p.

FRANCO, F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.; LIVIRA, A.; TAVARES, W. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.50, n.430, p.11-15, jan./fev., 1997.

KUNDU, C.; BASU, R.N. Hydration-desydration treatment of stored carrot seed for maintenance of vigour, viability and productivity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam. v.15, p.117, 125, 1981.

LAURETTI, R.L.B.; MACHADO, J.R.; CRUSCIOL, C.A.C.; ANDREOTTI, M. Efeitos de diferentes manejos de água no estabelecimento de plantas de arroz no sistema pré-germinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.9, p.1093-1099, 2001.

LOPES, J.C.; CAPUCHO, M.T.; FURNO, P.S.; ZANOTTI, P. Tratamentos para superara a dormência e sementes de arroz (*Oryza sativa*). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n.1, p.87-92, 1998.

MARCHEZAN, E.; CAMARGO E.R.; LOPES, S.I.G.; SANTOS, F.M.; MICHELON, S. Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundação contínua. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1349-1354, set/out, 2004.

HEIDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seed? **Seed Science and Technology**, Zürich, v.3, n.4, p.881-888, 1975.

MAY, L.H.; MILTHORPE, E.J.; MILTHORPE, F.L. Pre-sowing hardening o plants to drought: an appraisal of the contributions by P.A. Genke. **Field Crop Abstracts**, Monthly v.15, n.2, p.93-98, 1962.

McKERSIE, B.D.; TOMES, D.T. Effect of deshydratation treatments on germination, seedlings, vigour and citoplasmic leakage in wild oats and birdsfoot trefoil. **Journal of Botany**, Canadian.v.58, n.4, p.471-476, 1980.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005, 495p. il.

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.

MOTTA, C.A.; SILVA, W.R. Desempenho fisiológico e sanidade de sementes de trigo submetidas a tratamentos de hidratação/desidratação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.3, 1999.

POLLOCK, B.M. Vigour of garden bean seeds and seedlings influenced by initial seed moisture, substrate, oxygen and imbibition temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria. v. 51, p.577-584, 1969.

PINHO, S.Z.; CARVALHO, L.R.; DELACHIAVE, M.E.A. Limit between stages I and II of a seed imbibition curve. **Sciencia Agricola**, Piracicaba. v. 61, n.1, p.17-20, jan./fev. 2004.

PEDROSO, B.A. Semente de arroz pré-germinada em solo alagado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, nov./dez., 1978.

RAMOS, M.G. **Manual de produção do arroz irrigado**. EMPASC/ACARESC: Florianópolis, 1985, 225p.

TRIGO, M.F.O.O.; TRIGO, F.N. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de berinjela (*Solanum melongena* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.107-113, 1999.

**PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO CV.
IRGA 417**

2.2. PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO

CV. IRGA 417

RESUMO: O condicionamento fisiológico consiste na preparação das sementes antes da semeadura, para o desencadeamento dos processos fisiológicos necessários à germinação. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do condicionamento fisiológico de sementes de arroz através da pré-germinação nas temperaturas de 20 e 25 °C, com secagem posterior das sementes. Sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417 foram submetidas à imersão em água por períodos de 8, 16, 24 e 32 h de imersão, seguidas de 16, 24, 32 e 40 h de incubação. Nas duas temperaturas, após o condicionamento, foi determinado o teor de água das sementes e foram aplicados os testes de germinação e primeira contagem. Na temperatura de 25 °C, além destes, inicialmente, determinou-se a curva de embebição e, posteriormente, aplicaram-se os testes de frio, comprimento e massa seca de plântulas. Observou-se maior absorção de água na temperatura de 25 °C, promovendo ativação do metabolismo celular e assim, refletindo positivamente nos testes de avaliação da qualidade das sementes, sendo que as sementes atingiram 30,5% de água quando expostas por 8 horas de imersão e 24 horas de incubação, selecionando-se estes períodos para a etapa posterior de secagem das sementes. Na temperatura de 20 °C, o teor de água suficientes para ativação metabólica foram atingidos com 16 horas de imersão e 24 h de incubação e a percentagem de germinação das sementes não diferiu significativamente nos períodos de 16 e 24 h de imersão por 24 h de incubação. Conclui-se que os períodos de 8 h de imersão por 24 h de incubação, na temperatura de 25 °C e, 16 h de imersão por 24 h de incubação, na temperatura de 20 °C, são indicados para a pré-germinação de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417. A secagem das sementes, após a pré-germinação, pode ser realizada até 17,0%, sem prejuízos da qualidade fisiológica, entretanto, a redução do teor de água até 13,0% não afeta a germinação, mas afeta o vigor.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, condicionamento fisiológico, secagem

2.2. PRÉ-GERMINATION OF SEEDS OF IRRIGATED RICE CV. IRGA 417

ABSTRACT: The physiologic conditioning consists of the preparation of the seeds before the sowing for the unchaining of the necessary physiologic processes to the germination. The objective of the work was to evaluate the effects of the physiologic conditioning of seeds of rice through the pre-germination in the temperatures of 20 and 25 °C, with subsequent drying of the seeds. Seeds of rice irrigated cv. IRGA 417 were submitted to the immersion in water for periods of 8, 16, 24 and 32 h, following by 16, 24, 32 and 40 h of incubation. In the two temperatures, after the conditioning, it was certain the tenor of water of the seeds and they were applied the germination tests and first counting. In the temperature of 25 °C, besides these, initially, it was determined the curve of imbibition and, later, the tests of cold were applied, length and mass dries of seedlings. Larger absorption of water was observed in the temperature of 25 °C, promoting activation of the cellular metabolism and like this, contemplating positively in the tests of evaluation of the quality of the seeds, and the seeds reached 30.5% of water when exposed by 8 hours of immersion and 24 hours of incubation, being selected these periods for the subsequent stage of drying of the seeds. In the temperature of 20 °C, the enough tenor of water for metabolic activation was reached with 16 hours of immersion and 24 h of incubation and the percentage of germination of the seeds didn't differ significantly in the periods of 16 and 24 h of immersion for 24 h of incubation. It is ended that the periods of 8 h of immersion for 24 h of incubation, in the temperature of 25 °C and, 16 h of immersion for 24 h of incubation, in the temperature of 20 °C, are suitable for the pre-germination of seeds of rice irrigated cv. IRGA 417. The drying of the seeds, after the pre-germination, it can be accomplished up to 17.0%, without damages of the physiologic quality, however, the reduction of the tenor of water up to 13.0% does not affect the germination, but it affects the vigor.

Keywords: *Oryza sativa*, physiologic conditioning, drying

2.1. REVISÃO DE LITERATURA

A pré-germinação é utilizada na preparação das sementes antes da semeadura, por favorecer a germinação e o desenvolvimento uniforme das plântulas. Além disso, promove aumento na percentagem de geminação, redução no tempo entre a semeadura e a emergência e, inclusive, tolerância às condições adversas após a semeadura (Braccini et al., 1996; Mota e Silva, 1997; Motta e Silva, 1999; Trigo e Trigo, 1999).

Esta técnica está baseada na hidratação das sementes, na qual desencadeia processos fisiológicos necessários à germinação, como a síntese de moléculas de DNA, RNA e proteínas (Marcus e Feeley, 1964; Bray, 1995), além do reparo das membranas celulares (Castro e Hilhorst, 2004).

Durante o preparo das sementes, ocorre a formação de polissomos, a partir de ribossomos livres, que favorecem a tradução de mRNA em proteínas estruturais e enzimáticas, envolvidas na hidrólise da parede celular, na diferenciação de tecidos (Bewley e Black, 1994), aumento da difusão de solutos para regiões de marcante metabolismo (Marcos Filho, 2005) e principalmente, na região do endosperma onde ocorrerá a protrusão da radícula posteriormente (Bradford et al., 2000).

Inúmeros eventos ocorrem concomitantemente à hidratação, sendo considerado um padrão trifásico (Bewley e Black, 1994), onde a duração de cada fase varia com as propriedades da semente, nível de hidratação do substrato, permeabilidade do tegumento, tamanho das sementes, além da absorção de O₂ e temperatura (Pollock, 1969; Pinho et al., 2004).

A germinação é marcada pela protrusão da radícula, através de divisão celular e, conseqüentemente, crescimento e diferenciação de tecidos. De acordo com Bradford et al. (2000), a fase I da hidratação, corresponde à rápida embebição das sementes, seguida pela fase II de ativação metabólica e a fase III de crescimento.

O processo de hidratação é, no entanto, considerado crítico, pois pode conduzir ao sucesso ou fracasso da germinação (Vertucci, 1989), devido aos

estresses causados nesta fase de restabelecimento de organelas celulares, além de ser suscetível às condições em que é realizado. Portanto, a determinação adequada de períodos e temperaturas é fundamental para o sucesso da técnica, pois pode promover elevada taxa de lixiviação de solutos nos primeiros estádios de hidratação, reduzindo-se com o decorrer do tempo (Simon e Haja-Harum, 1972). Estudos realizados por Rosseto et al. (1997) indicam que as primeiras seis horas de hidratação das sementes de soja apresentam grande lixiviação de solutos.

Temperaturas elevadas evidenciam maior atividade metabólica, favorecendo o condicionamento fisiológico das sementes que assim, permanecem menos tempo sujeitas aos danos de embebição (Ferreira e Borghetti, 2004) e ao ataque de microorganismos.

Estudos realizados por Heydecker et al. (1975) confirmam o efeito da temperatura sobre o condicionamento fisiológico das sementes, sendo que as temperaturas reduzidas acarretam menor absorção de água pelas sementes. Além deste, Bevilaqua et al. (1997) observaram que o aumento da temperatura de embebição e secagem de sementes de cenoura aumentam também os teores de proteínas e aminoácidos solúveis em água, demonstrando a importância da temperatura no metabolismo das proteínas, além de haver aumento da velocidade de emergência das plântulas e metabolismo das sementes em temperaturas mais elevadas.

Os processos de hidratação e desidratação de sementes são fatores fundamentais na redução da deterioração fisiológica, pois elevam o potencial de armazenamento (Kundu e Basu, 1981). Pode haver, no entanto, durante a secagem liberação de solutos, devido à desintegração de estruturas como tonoplastos e plasmodesmos e como conseqüência uma perda de vigor das sementes (Bevilaqua et al., 1997). Segundo Motta e Silva (1997), a secagem de sementes de trigo, após longos períodos de hidratação, promove elevada perda de eletrólitos.

A secagem das sementes após o condicionamento fisiológico pode ser realizada em algumas espécies, favorecendo a semeadura ou armazenamento,

por possibilitar a recuperação das funções biológicas, com a nova hidratação, caracterizando a tolerância à dessecação (Alpert e Oliver, 2002). Essa técnica apresenta como vantagens, a redução da ação de patógenos, devido ao efeito da secagem sobre microorganismos e ativação dos mecanismos de defesa da semente (Kraft, 1977; Halloin, 1983).

A secagem das sementes após os tratamentos de pré-germinação é entendida como uma fase sensível, devendo ser realizada no início da hidratação, levando em consideração a fase em que se encontram as sementes, ou seja, antes da emissão da raiz (Marcos Filho, 2005), havendo danos irreparáveis ao embrião após essa fase (May et al., 1962; McKersie e Tomes, 1980). No entanto, Motta e Silva (1999) salientam que esse estágio não pode ser considerado adequado para definir a sensibilidade de tolerância à dessecação.

A baixa tolerância à dessecação após o condicionamento, pode ocorrer devido ao aumento da degradação de rRNA durante a reidratação e conseqüentemente, redução na síntese de proteínas essenciais para o desenvolvimento embrionário (Marcos Filho, 2005). Assim, a redução do suprimento de água ou a sua paralisação provocam prejuízos crescentes e proporcionais à evolução da atividade metabólica das sementes.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do condicionamento fisiológico de pré-germinação de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, nas temperaturas de 20 e 25 °C com secagem das sementes no final do processo.

2.2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS), do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria, no ano de 2004, utilizando-se sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, provenientes de produtores de sementes da região de Santa Maria - RS.

Foram realizados estudos referentes à pré-germinação das sementes não dormentes, utilizando-se combinações de períodos de imersão e incubação e após secagem das sementes condicionadas.

Inicialmente, foi realizada a curva de hidratação das sementes por 18 horas na temperatura de 25 °C, conforme descrito a seguir:

Curva de hidratação (CH) - as sementes com umidade inicial de 13% foram separadas em subamostras de 5 g e acondicionadas em sacos de algodão, que foram imersos em recipiente de 26 cm de comprimento, 15 cm de largura e 9 cm de profundidade, contendo 2 L de água destilada, sendo avaliadas de hora em hora, durante dezoito horas seguidas, quanto a absorção de água. A determinação do teor de água de cada subamostra foi efetuada em estufa com circulação de ar na temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 24 horas (Brasil, 1992).

O condicionamento fisiológico de pré-germinação consistiu da imersão de 80g de sementes, acondicionadas em sacos de algodão, imersos em água destilada em beakers contendo 2 L de água destilada, complementado pela incubação das sementes entre papel úmido.

Foram utilizadas temperaturas de 20 e 25 °C. Na temperatura de 25 °C, as sementes foram mantidas por períodos de imersão de 8, 16, 24, e 32 horas e períodos de incubação de 16, 24, 32 e 40 horas. Na temperatura de 20 °C foram realizados os tratamentos 8x16, 8x24, 8x32, 16x16, 16x24, 16x32 e 24x16, 24x24 (períodos de imersão x períodos de incubação). Os tratamentos 8x40, 16x40 e as combinações acima de 24x24 não foram realizadas por terem sido consideradas excessivas e sem resultados promissores, a partir da análise dos dados na temperatura de 25 °C.

Na temperatura de 25 °C, realizaram-se os testes de teor de água, germinação, primeira contagem, frio, comprimento e massa seca de plântulas. Na temperatura de 20 °C foram realizadas os testes de germinação e primeira contagem, descritos a seguir.

Teor de água (TA) – foi determinado com duas repetições de 50 sementes em estufa com circulação de ar forçado, marca Nova Ética, a 105 °C ,por 24 h.

Teste de germinação (G) - realizado com quatro repetições de 100 sementes, semeadas em rolos de papel umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel substrato. As sementes foram mantidas à temperatura constante de 20 e 25 °C e a contagem final foi realizada aos quatorze dias, considerando-se as plântulas normais de cada repetição, obtendo-se a média das repetições, com os dados expressos em percentagem de germinação.

Primeira contagem (PC) - o teste foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, utilizando-se quatro repetições de 100 sementes, computando-se a percentagem de plântulas normais obtidas no sétimo dias após a instalação do teste. Considerou-se como resultado do teste a média das repetições, expressa em percentagem de plântulas normais.

Teste de frio (TF) - utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes distribuídas nos rolos de papel sem solo 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 10 °C, durante sete dias, sendo transferidos, após esse período para um germinador com temperatura de 25 °C, onde permaneceram por cinco dias, sendo avaliada a percentagem de plântulas normais formadas.

Comprimento de plântulas (TP) - utilizou-se o comprimento médio das plântulas normais obtidas a partir da semeadura de quatro repetições de 10 sementes, em substrato rolo de papel. Os rolos de papel contendo as sementes permaneceram à temperatura constante de 25 °C por cinco dias, quando então, foi avaliado o comprimento das plântulas com o auxílio de régua milimetrada. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as

medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais mensuradas, com resultados expressos em cm.

Massa seca das plântulas (MS) - conduzido com quatro repetições de 10 plântulas, originadas do teste anterior, mantidas em sacos de papel, em estufa a 60 °C, por 24 horas. Em seguida, as repetições foram pesadas em balança de precisão 0,001g e o valor obtido da soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. O resultado foi expresso em g/plântula.

Secagem das sementes - a combinação de 8 horas de imersão por 24 horas de incubação foi escolhida, devido aos resultados satisfatórios, observados nos testes anteriores e por se tratar de períodos reduzidos, para a secagem das sementes após o condicionamento.

As sementes tratadas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçado, por um período inicial, onde as sementes atingiram 27% de teor de água, na temperatura 42 °C, seguida de umidades de 21, 17 e 13% na temperatura 36 °C, sendo esta última adequada para o armazenamento das sementes de arroz.

As sementes foram submetidas, após a secagem, aos testes de germinação, primeira contagem, comprimento e massa seca de plântulas, descritos anteriormente.

Análise estatística: para os dados de condicionamento fisiológico, na temperatura de 25 °C utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado num bifatorial (4x4), sendo 4 períodos de imersão e 4 períodos de incubação, com quatro repetições e os dados foram analisados por meio de superfície de resposta, quando houve interação e regressão polinomial nos casos de ausência de interação.

Na temperatura de 20 °C, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado num esquema fatorial, onde cada combinação de períodos foi considerada um nível do fator, por se tratar de experimento com intervalos

entre os tratamentos (ausência da combinação 8 horas de imersão por 40 horas de incubação), sendo realizada comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os dados de secagem, também se utilizou o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo realizado comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados expressos em percentagem foram transformados em arcoseno.

2.2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 reproduz a curva de hidratação das sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, a partir de umidade inicial de 13,0% até a protrusão da radícula, quando as sementes apresentaram 37,0% de umidade. Resultados semelhantes foram encontrados em sementes de trigo e café (Motta e Silva, 1997; Motta, 2001).

Observou-se que as sementes atingiram 27,0% de umidade na primeira hora de hidratação, indicando um rápido aumento do teor de água das sementes, correspondendo a fase I, seguida de lenta absorção, correspondendo a fase II da curva de embebição (Bewley e Black, 1994; Pinho et al., 2004). Observou-se que as três primeiras horas de hidratação foram fundamentais para o processo de absorção de água das sementes, assim como observado por Posse et al. (2001) em pimentão, Motta (2001) em café e Villela et al. (2003) em semente de milho, havendo rápida absorção de água nas primeiras horas.

Assim, como registra a literatura, nesse período, devem ter iniciado vários processos metabólicos nas sementes, como aumento na respiração com umidade a partir de 20,0% (Ferreira e Borghetti, 2004), além de atuação de enzimas em reações anaeróbicas, estruturação do sistema de membranas e síntese de proteínas e ácidos nucleicos (Marcos Filho, 2005). Nesta fase, a

quantidade de água e a velocidade de absorção são influenciadas pela qualidade das sementes, mesmo sendo considerado um processo físico-químico (Laboriau, 1983). Segundo Villela et al. (2003), sementes de milho apresentaram rápida absorção de água nas nove primeiras horas do processo de hidratação.

Após a fase de rápida absorção, as sementes necessitaram, em média, dezessete horas para completarem a fase II da hidratação. Esses dados estão de acordo com Motta (2001), onde a fase da hidratação das sementes de teosinto se estendeu até quinze horas. Nesse período preparatório que antecede o início do crescimento do eixo embrionário, ocorre a síntese de moléculas de DNA, RNA e proteínas (Marcus e Feeley, 1964; Bray, 1995), além do reparo das membranas celulares (Castro e Hilhorst, 2004). Portanto, segundo Bray (1995) quanto maior a fase II, maiores as vantagens em relação ao início dos eventos metabólicos da germinação.

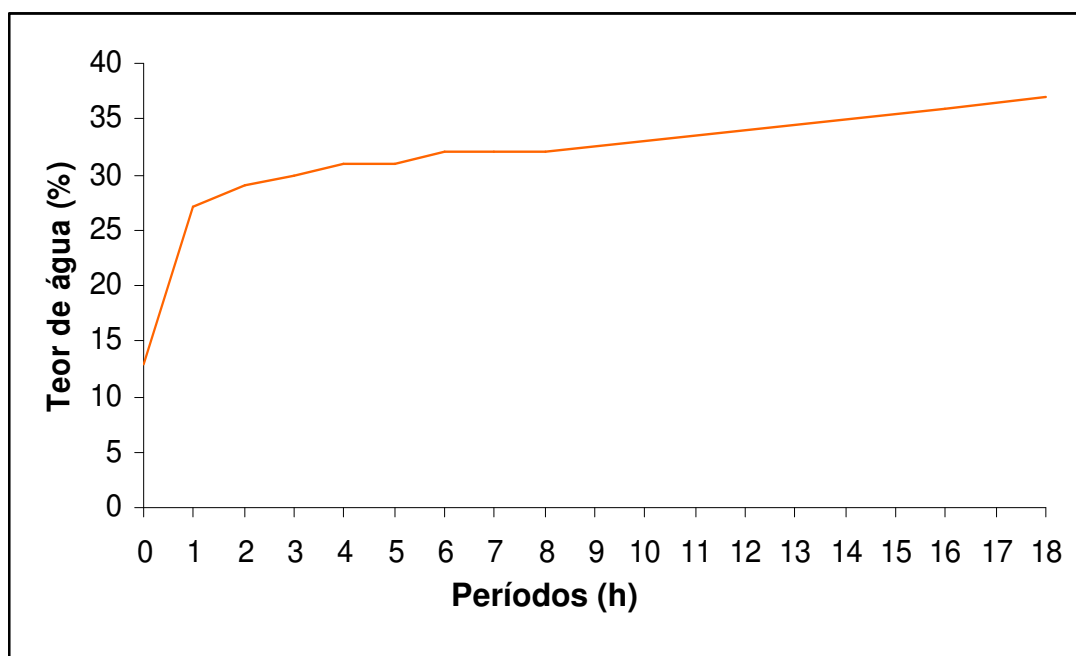


FIGURA 6: Curva de hidratação de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417. Santa Maria – RS, 2005.

Os teores de água das sementes após os tratamentos de pré-germinação estão indicados na Figura 7.

Na temperatura de 25 °C (Figura 7a) as sementes com teor de água inicial de 13,0%, tiveram um acréscimo gradual quando submetidas ao aumento dos períodos de imersão e incubação. Assim, nos tratamentos T1 a T4 correspondentes ao período de imersão de 8 horas seguida por 16, 24, 32 e 40 horas de incubação, observou-se rápida absorção de água pelas sementes, que atingiram em média 27,5%, sendo que as sementes podem ser consideradas, segundo Bradford et al. (2000), nas fases I e II da hidratação.

O tratamento de 8 horas de imersão e 24 horas de incubação apresentaram, ao seu final, umidade de 27,0%, sendo considerado adequado para a ativação metabólica e reparo de estruturas como membranas e tonoplastos (Marcos Filho, 2005). Nessas condições, ocorre síntese de moléculas (Marcus e Feeley, 1964) e difusão de solutos (Marcos Filho, 2005), além do início do crescimento embrionário, através de expansão, divisão e alongamento celular, como indicaram Castro e Hilhorst, (2004). No entanto, é importante salientar que a duração de cada fase da hidratação depende da qualidade fisiológica das sementes, pois quanto mais baixo o vigor, maior o requerimento de água para a germinação (Abdubal-Baki e Anderson, 1972), além da espécie, das propriedades da semente, das condições de hidratação, bem como da temperatura utilizada (Pinho et al., 2004).

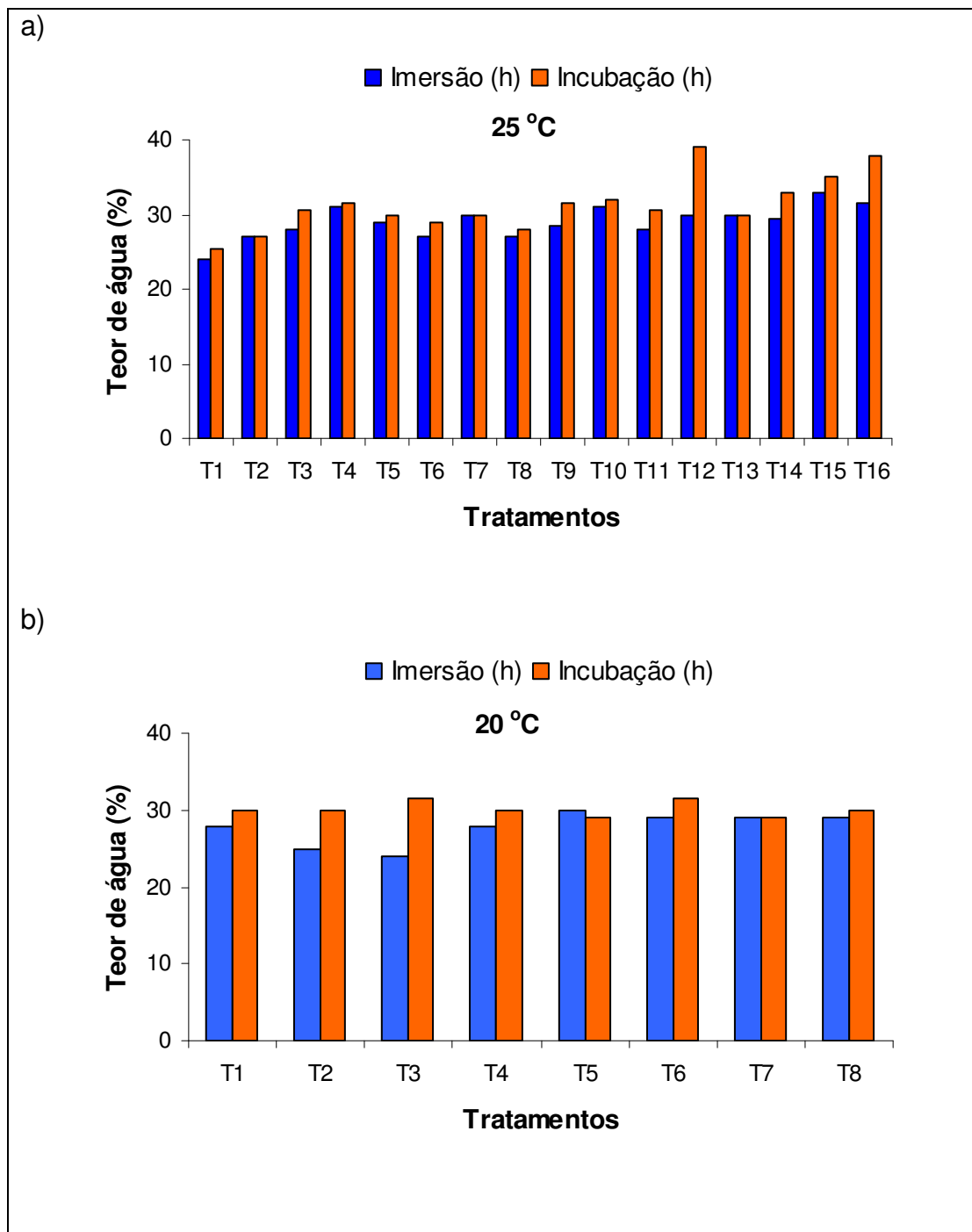


FIGURA 7: Teor de água das sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417 após a pré-germinação. a) 25 °C: imersão (8, 16, 24 e 32 h), incubação (16, 24, 32 e 40 h); b) 20 °C: combinações 8x16, 8x24, 8x32, 16x16, 16x24, 16x32, 24x16 e 24x24. Santa Maria – RS, 2005.

O teor de água das sementes nos tratamentos T5 a T8 (16x16, 16x24, 16x32 e 16x40) e T9 a T12 (24x16, 24x24, 24x32 e 24x40), foi em média de 28,2% e 29,4%, respectivamente. Os resultados indicaram que o aumento do período de imersão não corresponde na mesma proporção ao aumento do teor de água absorvido pelas sementes, além das sementes já terem atingido umidade necessária para o início do seu metabolismo (Marcos Filho, 2005). Portanto, torna-se desnecessária sua permanência em imersão por períodos maiores que 8 horas, pois de acordo com Franco et al. (1997) a utilização de períodos longos de imersão pode causar redução no teor de O₂.

Após longos períodos de imersão das sementes em água, o restabelecimento das organelas celulares, como tonoplastos e plasmodesmos (Bevilaqua et al., 1997) e, em particular, das membranas celulares é dificultado e a capacidade de seletividade à entrada e saída de água e nutrientes pode ser comprometida, favorecendo a lixiviação de produtos intracelulares, tais como açúcares, ácidos orgânicos aminoácidos e íons (Roberts, 1973; Marcos Filho, 2005), entre eles P e K (Woodstock, 1988; Marchezan et al., 2004), essenciais para a germinação e manutenção do vigor.

Nos tratamentos T13 a T16 (32x16, 32x21, 32x32, 32x40) foram constatados 31,0% de umidade após a imersão, seguido de 3% de aumento após a incubação das sementes, portanto a umidade mínima para ativação metabólica (Marcos Filho, 2005) havia sido atingida em períodos menores e, assim, a exposição das sementes a períodos prolongados de hidratação é desnecessária, além de possibilidade de causar danos irreversíveis às sementes.

Na Figura 7b encontram-se os teores de água das sementes submetidas à pré-germinação na temperatura de 20 °C, onde se evidenciou o efeito da temperatura nos tratamentos de pré-germinação, conforme salientaram Heydecker et al. (1975) e Bevilaqua et al. (1997).

Os períodos de T1 a T3 (8x16, 8x24, 8x32) apresentaram umidade das sementes após a imersão, em torno de 25,0%, seguida de um incremento no teor de água de 5,2% após a incubação. No tratamento de 8 horas de imersão

e 16 horas de incubação a umidade das sementes de 30,0%, confirma a rápida absorção de água da fase I (Bewley e Black, 1994) e assim, a umidade necessária para ativação do metabolismo celular (Marcos Filho, 2005).

Nos tratamentos T4 a T6 (16x16, 16x24, 16x32) e T7 a T8 (24x16, 24x24), quando as sementes foram submetidas à imersão por períodos de 16 e 24 horas a umidade foi de 30,0%, não havendo diferença no teor de água com o aumento dos períodos estudados. Esses dados confirmam que não há necessidade de maiores períodos de tratamento, para que as sementes absorvam água em quantidade suficiente para reiniciar os processos fisiológicos da germinação, além de promover a lixiviação de solutos, como evidenciado por Motta e Silva (1997) em sementes de trigo, devido à ampliação dos períodos de hidratação associado ao avanço no estágio de desenvolvimento das sementes.

Os resultados de germinação na temperatura de 25 °C estão representados na Figura 8. Os resultados da análise estatística evidenciaram interação significativa entre os fatores períodos de imersão e períodos de incubação das sementes, sendo considerado ponto de máxima. Assim, a maior percentagem de plântulas normais formadas foi estimada pela equação nos períodos de imersão de 14 horas e 21 horas de incubação, onde foi encontrada máxima percentagem de germinação de 98%. Estudos evidenciam que a ampliação dos períodos de hidratação prejudica o desempenho das sementes (Franco et al., 1997), assim como observado em sementes de trigo (Motta e Silva, 1997).

Esses dados não invalidam as colocações feitas a partir da umidade das sementes, que indicaram períodos menores como suficientes para a ativação dos processos fisiológicos da germinação, como síntese de moléculas (Marcus e Feeley, 1964), formação de polissomos essenciais na produção de proteínas estruturais e enzimáticas (Bewley e Black, 1994), degradação e transporte de substâncias do endosperma para o embrião e, finalmente, expansão, divisão e alongamento celular (Castro e Hilhorst, 2004), sem com isso ser necessária a protrusão da radícula.

Além da presença de umidade suficiente para ativação metabólica das sementes, deve-se salientar que as sementes de arroz podem ser expostas a maiores períodos de hidratação. Isso, provavelmente, por se tratar de uma espécie adaptada às condições de alagamento, devido à formação de aerênquimas no início do seu desenvolvimento, sem comprometer a germinação, visto que esta é a última característica a ser visivelmente afetada em relação à qualidade das sementes. Os efeitos negativos da hidratação por longos períodos podem, possivelmente, ser observados nos testes que avaliam o vigor das sementes, já que estes são sensíveis para detectar as perdas devido à hidratação (Woodstock, 1988).

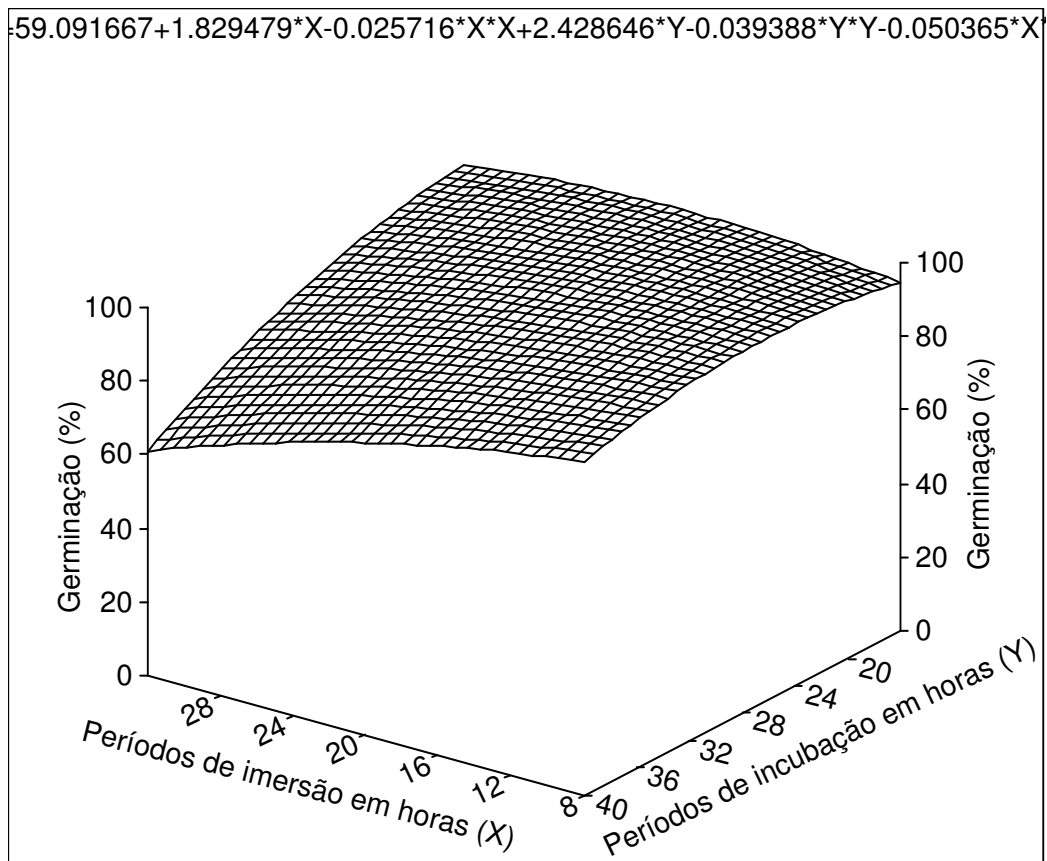


FIGURA 8: Germinação (%) de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417 sob diferentes períodos de imersão e incubação na temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.

Os dados de primeira contagem (Figura 9) indicam que houve interação entre os períodos de imersão e incubação das sementes, sendo considerado ponto de máxima. O melhor período estimado de imersão foi de 12 horas e incubação de 23 horas, com 96% de plântulas normais formadas, semelhantes aos resultados de germinação, indicando alto vigor das sementes estudadas. De acordo Vertucci (1989), o período de hidratação pode promover elevação na percentagem de germinação, bem como sua redução, devido aos estresses provocados nas organelas celulares durante o processo de hidratação. Portanto, mesmo com a umidade suficiente, para que as sementes apresentem maior velocidade de germinação, possivelmente, são necessárias mais algumas horas de hidratação, assim como no teste de germinação.

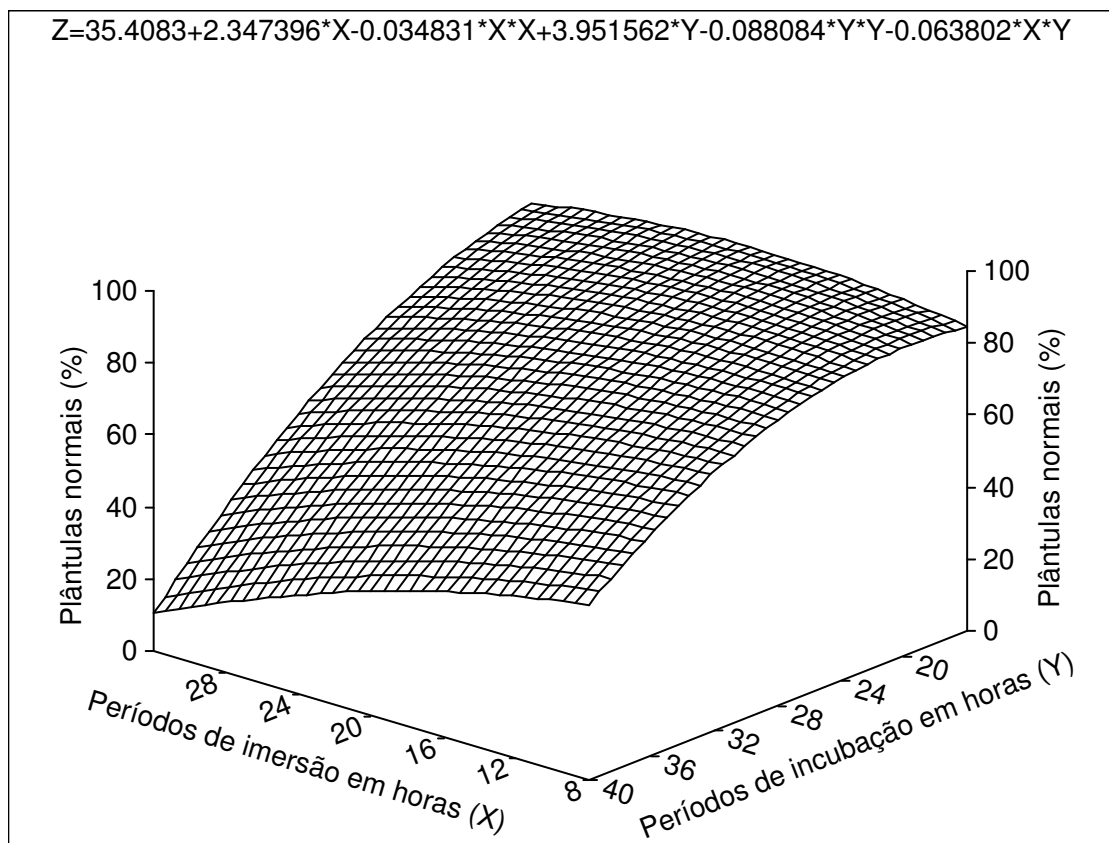


FIGURA 9: Primeira contagem (%) de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417 sob diferentes períodos de imersão e incubação em temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.

A temperatura de 25 °C apresentou maior velocidade de germinação quando comparada a 20 °C, diferentemente do encontrado por Bevilaqua et al. (1997) em cenoura, indicando que para arroz, temperaturas elevadas são favoráveis ao condicionamento.

A Figura 10 apresenta os dados referentes aos efeitos dos períodos de imersão das sementes na temperatura de 25 °C sobre o desempenho das sementes no teste de frio. Observou-se um decréscimo na percentagem de plântulas normais com o aumento dos períodos de imersão (Figura 10a), sendo 8 horas o período onde houve maior percentagem de plântulas normais formadas.

Isso indica que o estresse de temperatura, na qual as sementes foram submetidas, exerceu influência nos resultados, sendo provável que, menores períodos de exposição à água diminuem os danos de embebicão, principalmente, aqueles que se referem às mudanças de conformação de membranas (Ferreira e Borghetti, 2004), a qual afeta a seletividade a solutos (Roberts, 1973, Khan, 1994; Marcos Filho, 2005).

Assim, a pré-germinação, quando realizada por períodos reduzidos, traz benefícios, como aumento na percentagem de germinação, redução do tempo entre a semeadura e a emergência das plântulas, também aumento na tolerância das sementes às condições ambientais adversas no momento da semeadura (Braccini et al., 1996; Motta e Silva, 1997; Trigo e Trigo, 1999).

Na figura 10b observa-se os dados referentes aos efeitos dos períodos de incubação das sementes, onde, diferentemente do encontrado nos demais testes, não houve diferença significativa entre os períodos testados. Assim, considera-se possível a utilização de 16 horas de incubação, a fim de que as sementes, principalmente as menos vigorosas, possam alcançar aquelas que apresentam alto vigor, promovendo emergência uniforme, mesmo com baixa temperatura. Esse período de incubação, serve para preparar as sementes, através da formação de polissomos, a partir de ribossomos livres, que favorecem a tradução de mRNA em proteínas estruturais e enzimáticas, envolvidas na hidrólise da parede celular, na diferenciação de tecidos (Bewley

e Black, 1994), aumento da difusão de solutos para regiões de marcante metabolismo (Marcos Filho, 2005) e principalmente, na região do endosperma onde ocorrerá a emissão da radícula posteriormente (Bradford et al., 2000).

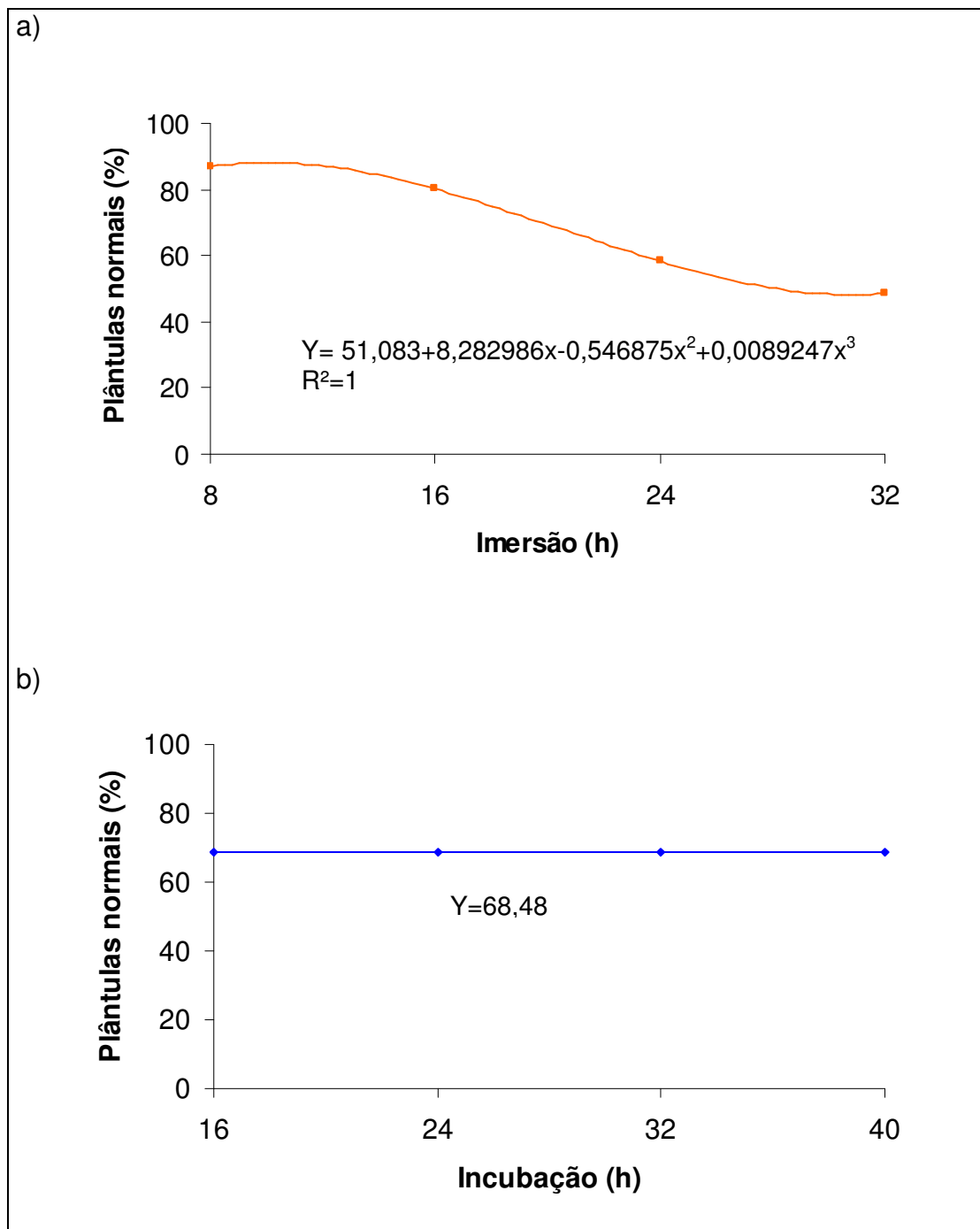


FIGURA 10: Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, na formação de plântulas normais no teste de frio, sob temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.

Os dados de comprimento de plântula após o condicionamento das sementes encontram-se na Figura 11. Observou-se que, em relação aos períodos de imersão houve efeito dos tratamentos sobre a variável considerada. Os períodos de 16 e 32 horas proporcionaram maior desenvolvimento de plântulas. Assim como no teste de germinação, isso sugere que, as sementes de arroz irrigado por suportarem grande período em alagamento, podem não sofrer danos imediatos com a hidratação prolongada. De acordo com Bray (1995), quanto maior o tempo que as sementes permanecerem na fase II, de preparo para divisão celular, maiores serão as vantagens do tratamento. Assim, é possível a ocorrência de reestruturação de membranas, evitando a lixiviação de solutos (Roberts, 1973, Khan, 1994; Marcos Filho, 2005) e o desdobraimento e translocação de substâncias pode favorecer o crescimento das plântulas.

Em relação à incubação das sementes, o aumento de tempo de exposição promoveu decréscimo no comprimento de plântulas, possivelmente, porque tempos maiores que 16 horas são prejudiciais. Portanto, a utilização de períodos maiores de imersão, pode promover o desenvolvimento de plântulas com maior comprimento inicial, desde que os períodos de incubação não ultrapassem 16 h, pois pode ocasionar a formação de plântulas fracas e sensíveis, estando mais facilmente suscetíveis a estresses ambientais. Dessa forma, o aumento dos períodos de imersão deve ser compensado por decréscimo nos períodos de incubação, conforme Franco et al. (1997), reduzindo a formação de plântulas anormais ou pouco vigorosas.

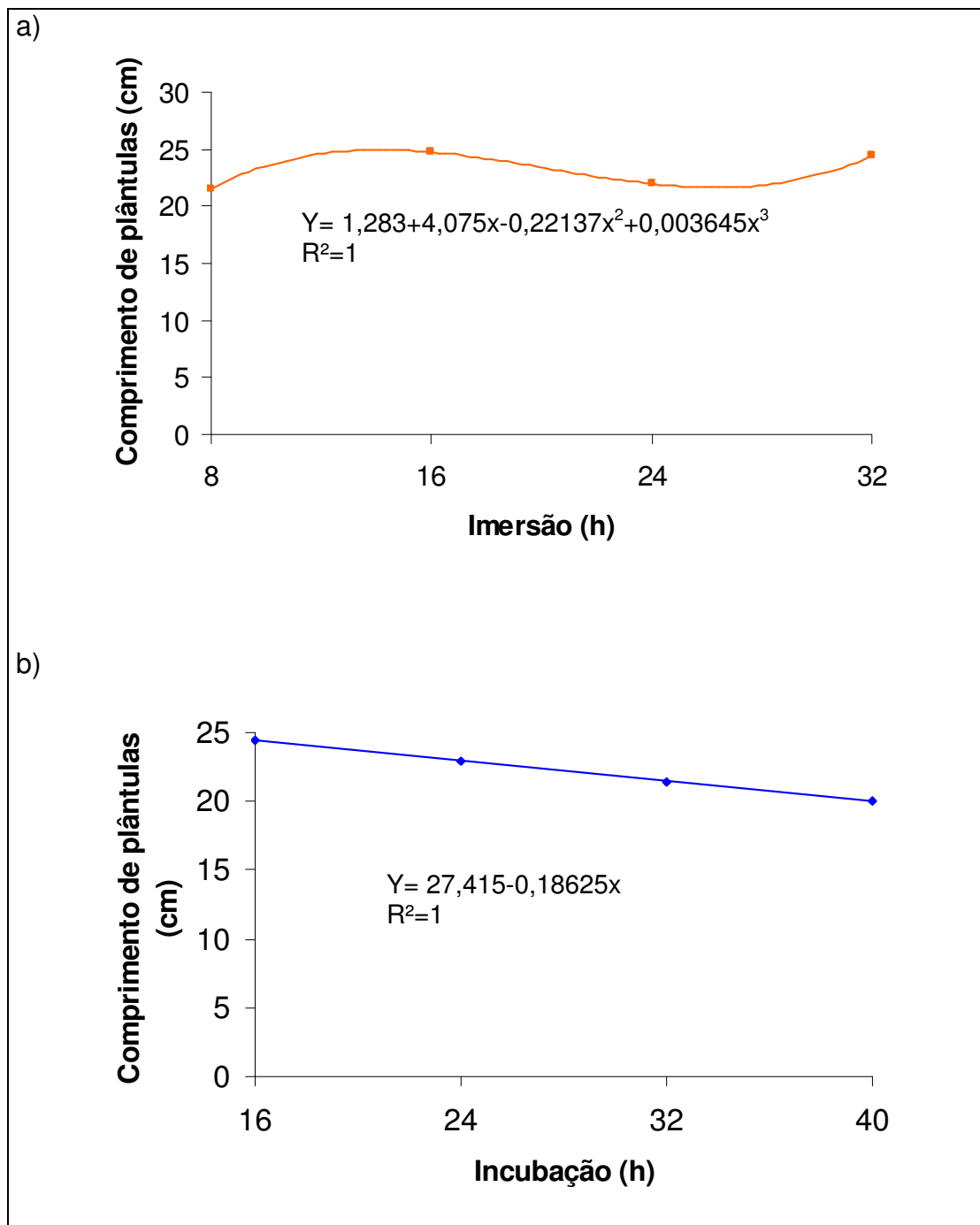


FIGURA 11: Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, no comprimento de plântulas (cm), sob temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.

Os resultados obtidos para massa seca de plântulas (Figura 12) indicaram que houve interação significativa entre os períodos de imersão e incubação para esta variável. Assim, de acordo com os dados estatísticos, observou-se ponto de máxima, havendo maiores valores de massa seca no período estimado de 21 horas de imersão combinado com 18 horas de incubação.

Esses dados mostraram que a utilização de períodos elevados de imersão pode promover a aquisição rápida de massa pelas sementes, devido a sua maior atividade inicial, como ativação enzimática, translocação de nutrientes, entre outros fatores (Marcos Filho, 2005). Além disso, as sementes testadas pertencem a uma espécie que apresenta adaptação morfofisiológica a ambientes de saturação hídrica, e apresentam alta qualidade fisiológica, o que pode influenciar positivamente no seu desempenho mesmo em condições que apresentem alguma diversidade.

Deve-se salientar, que sementes de baixo vigor, poderiam apresentar resultados não satisfatórios de incremento de massa com o aumento dos períodos de pré-germinação, principalmente, devido aos danos de embebição e maior quantidade de reservas (Ferreira e Borghetti, 2004), pela provável lixiviação de produtos essenciais, como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons (Roberts, 1973, Khan, 1994; Marcos Filho, 2005), acarretada pela desestruturação das membranas celulares (Woodstock, 1988).

Observa-se que a utilização de períodos de imersão e incubação das sementes varia com a espécie e, principalmente, com as condições onde é realizado o experimento, afetando os resultados obtidos em cada variável estudada. Assim, possivelmente, pode-se obter resultados satisfatórios com a utilização de longos períodos de imersão compensados por redução no período de incubação ou vice-versa. No entanto, devido aos danos irreversíveis ao embrião, e, conseqüentemente, às plântulas formadas com a exposição das sementes à água por períodos longos, sugere-se a utilização da redução dos períodos de imersão no qual promovem ativação metabólica e, acompanhada

de períodos maiores de incubação, para que as sementes possam concluir as atividades necessárias para sua germinação.

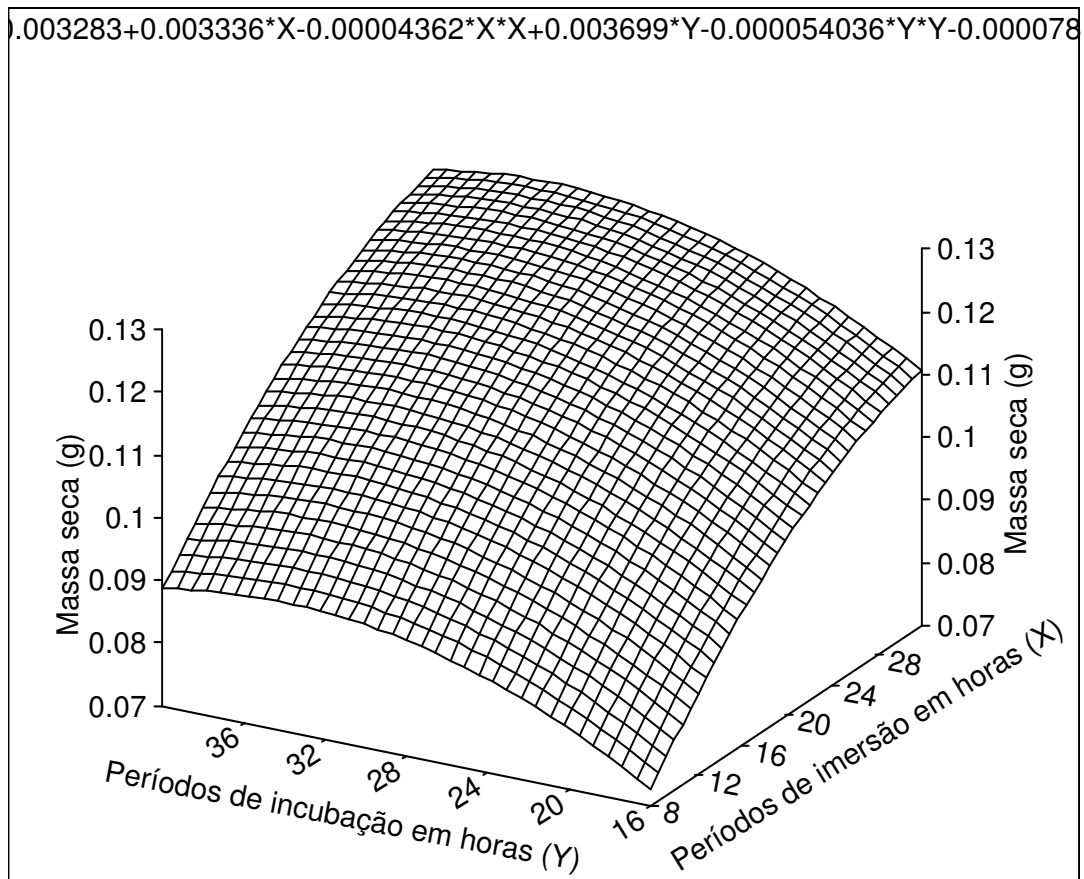


FIGURA 12: Massa seca de plântulas de arroz irrigado cv. IRGA 417 sob diferentes períodos de imersão e incubação em temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.

A Tabela 1 apresenta a comparação de médias entre os tratamentos de condicionamento das sementes na temperatura de 20 °C.

No teste de germinação observou-se que os maiores resultados foram encontrados com 24 horas de imersão e 24 horas de incubação, porém sem haver diferença significativa entre os tratamentos T1 a T3. O tratamento de 16 horas de imersão por 24 horas de incubação, contudo, poderia ser indicado para a pré-germinação de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, devido a umidade das sementes ter alcançado o nível suficiente para ativação

metabólica (Marcos Filho, 2005) e permitindo alta percentagem de plântulas formadas.

Os períodos maiores de exposição de sementes promoveram alta percentagem de germinação, provavelmente, pelo fato de que a temperatura de 20 °C retarde a velocidade de formação de plântulas, quando comparada com a temperatura de 25 °C (Heydecker et al., 1975). Estudos realizados por Bevilaqua et al. (1997) avaliando a embebição e secagem de sementes de cenoura, evidenciaram que o aumento da temperatura de embebição aumenta também os teores de proteínas e aminoácidos solúveis em água, demonstrando a importância da temperatura no metabolismo das proteínas, além de haver aumento da velocidade de emergência das plântulas e metabolismo das sementes em temperaturas mais elevadas.

TABELA 1: Médias estimadas de tratamentos das variáveis primeira contagem e germinação de sementes de arroz de irrigado cv. IRGA 417 em diferentes tratamentos de imersão e incubação de sementes a 20 °C. Santa Maria – RS, 2005.

<i>Tratamento (h)</i>	<i>G (%)</i>	<i>PC (%)</i>
T1 = 24x24	93 a*	93 a*
T2 = 16x24	92 a	88 ab
T3 = 16x32	91 a	86 ab
T4 = 16x16	89 ab	86 ab
T5 = 24x16	81 ab	84 b
T6 = 8x32	81 ab	83 b
T7 = 8x16	64 c	70 c
T8 = 8x24	61 c	47 d

* Tratamentos com médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Nos resultados do teste de primeira contagem na temperatura de 20 °C (Tabela 1), a maior percentagem de plântulas formadas aos sete dias encontra-se no tratamento T1, sem diferir dos tratamentos T2 a T4. Esses dados indicaram que o vigor das sementes é afetado quando permanecem por

períodos menores que 24 horas em temperatura de 20 °C , visto que o metabolismo das sementes ocorre mais lentamente. No entanto, deve-se salientar que na exposição das sementes por períodos longos de imersão pode haver formação de plântulas anormais ou pouco vigorosas, além do aparecimento de odor característico de putrefação, devido à diminuição da concentração de O₂ presente na água (Franco et al., 1997), havendo lixiviação de substâncias intracelulares (Marcos Filho, 2005) essenciais ao desenvolvimento da plântula.

Na Figura 13 estão representados os resultados de secagem das sementes após o condicionamento fisiológico por períodos de 8 horas de imersão e 24 horas de incubação, visto que a umidade das sementes nesta condição é considerada suficiente para ativação metabólica (Marcos Filho, 2005).

Os resultados do teste de germinação (Figura 13a) indicaram que após a secagem, a germinação se manteve constante acima de 94%, sugerindo que a secagem das sementes até atingirem umidade em torno de 13,0% é possível, não prejudicando o potencial de germinação. Esses resultados concordam com aqueles obtidos por Motta (2001) em sementes de café, nos quais a secagem após a hidratação não causou prejuízo, tendo inclusive beneficiado a germinação. A secagem das sementes foi iniciada antes da emissão da raiz, a qual segundo May et al. (1962), McKersie e Tomes (1980) e Marcos Filho (2005), inviabilizaria aquela operação, devido aos danos causados no embrião, porém, Motta e Silva (1999) não consideraram esse referencial da germinação visível como adequado para avaliação da tolerância à dessecação em sementes de trigo.

Em relação ao vigor das sementes analisado através do teste de primeira contagem (Figura 13b), observou-se, assim como na germinação, manutenção parcial da qualidade fisiológica com a secagem. As sementes com umidade inicial de 27,0% e 92% de germinação apresentaram, no entanto, certa redução da percentagem de plântulas formadas após a secagem em

todas as umidades atingidas, sendo que a secagem até 13,0% manteve a qualidade inicial das sementes.

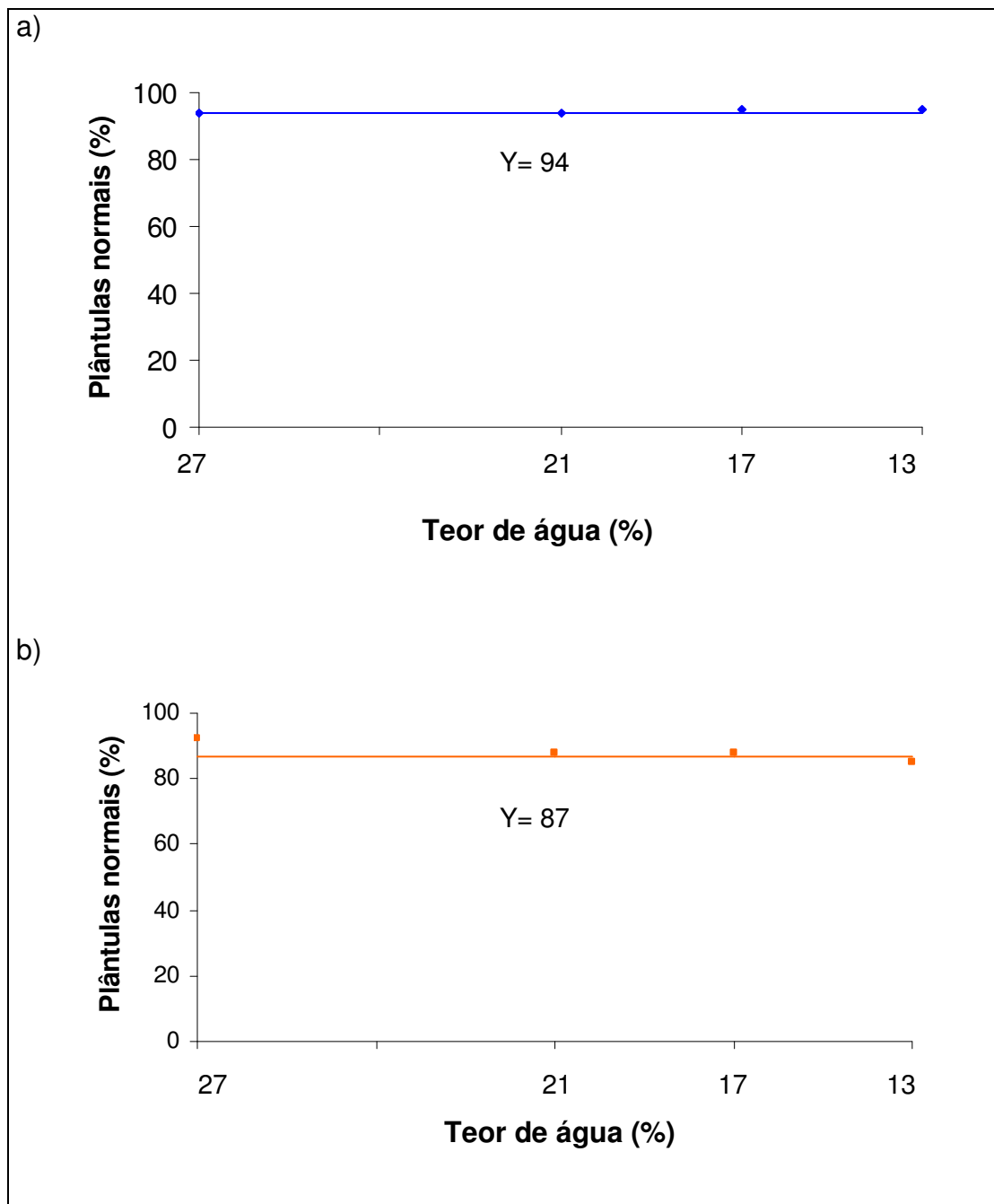


FIGURA 13: Percentagem de plântulas normais no teste de germinação (a) e primeira contagem (b) em sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, submetidas a 8 h de imersão e 24 h de incubação, e submetidas à secagem. Santa Maria – RS, 2005.

A Figura 14 apresenta os resultados de comprimento e massa seca de plântulas obtidas depois da secagem das sementes em estufa após a pré-germinação.

Na Figura 14a pode-se verificar que a secagem afetou positivamente o comprimento das plântulas formadas até atingirem 21,0%, pois não houve ajuste de equação, havendo conservação dos valores de comprimento em relação ao inicial, quando as sementes atingiram teor de água de 13%. A secagem, possivelmente, pode ser realizada sem prejudicar o vigor das sementes, até umidade de 13,0%, onde não ocorrem danos irreversíveis ao embrião (Marcos Filho, 2005) e à reorganização do sistema de membranas, pois, segundo Motta (2001), as membranas celulares perdem a permeabilidade seletiva durante a secagem, podendo recuperar-se após o início da embebição.

Nos dados de massa seca das plântulas (Figura 14b), observou-se a possibilidade de secagem das sementes até 13,0% sem haver danos às sementes e perdas dos efeitos da pré-germinação. Assim, independentemente da umidade que as sementes adquiriram após secagem, houve a formação de plântulas com massa seca uniforme.

Constatou-se que a secagem das sementes pré-germinadas constitui uma etapa sensível e que exige cuidados principalmente na manutenção do teor de água das sementes, variando seu efeito sobre as características que determinam a qualidade das sementes, com resultados variados, conforme o teste aplicado.

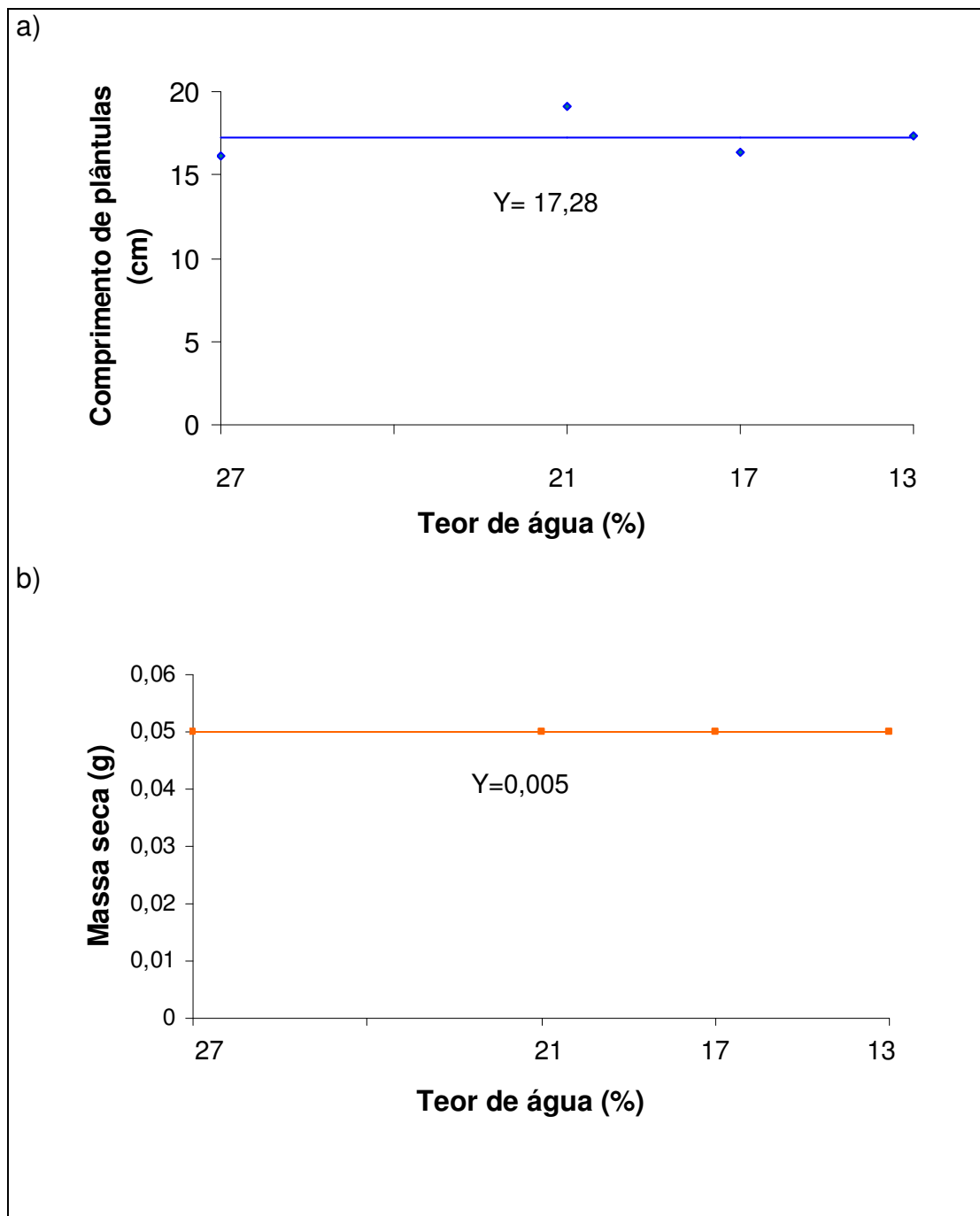


FIGURA 14: Comprimento de plântulas (a) e massa seca de plântulas (b) em sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417, submetidas a 24 h de imersão e 24h de incubação, e submetidas à secagem. Santa Maria – RS, 2005.

2.2.4. CONCLUSÕES

Os períodos de 8 h de imersão por 24 h de incubação, na temperatura de 25 °C e, 16 h de imersão por 24 h de incubação, na temperatura de 20 °C, devido a umidade atingida pelas sementes, são indicados para a pré-germinação de sementes de arroz irrigado cv. IRGA 417.

A secagem das sementes, após a pré-germinação, pode ser realizada até 17,0%, sem prejuízos da qualidade fisiológica, entretanto, a redução do teor de água até 13,0% não afeta a germinação, mas reduz a velocidade de formação de plântulas.

2.2.5. REFERÊNCIAS

ABDUBAL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed). **Seed Biology**. New York: Academic Press, 1972. v.2, p.283-315.

ALPERT, P.; OLIVER, M. Drying without dying. In: Black, M; Pritchard, H.W. (ed). **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Wallingford, CABI Publishing. p.4-43, 2002.

BEWLEY J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. Berlim: SprigVerlag, 1992. v.2, 375 p.

BEWLEY J.D.; BLACK, M. **Seeds-physiology of development and germination**. 2ed. New York: Plenum Press, 1994, 445p.

BEVILAQUA, G.A.P; PESKE, S.T.; BENEDITO FILHO, G.S.; SANTOS, D.S.B. Efeito da embebição-secagem de sementes de cenoura no vigor e potencial de

armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas. v.3, n.3, p. 131-138, set/dez. 1997.

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**, Campinas, v.6, n.2/3, dez., 1996.

BRADFORD. K.J.; KHEN, F.; COOLEY, M.B.; DAHAL, P.; DOWNIE, B.; FUKUNAGA, K.K.; GEE, O.H.; GURUSINGHE, S.; MELLA, R.A.; NONOGAKI, H.; WU, T.; YIM, K.O. Gene expression prior to radicle emergence in imbibed tomato seeds. In: BLACK, M.; BRADFORD, K.J.; VAZQUEZ-RAMOS, J. **Seed biology: advances and applications**. Wallingford: CAB International, 2000, p.231-251.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

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. e BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. São Paulo: Artmed, 2004, 323 p.

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

FRANCO, F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.; LIVIRA, A.; TAVARES, W. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.50, n.430, p.11-15, jan./fev., 1997.

HALLOIN, L.M. Deterioration resistance mechanisms in seeds. **Phytopathology**, St. Paul.v.73, n.2, p.235-239, 1983.

HEIDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seed? **Seed Science and Technology**, Zürich, v.3, n.4, p.881-888, 1975.

KHAN, A.A. ACC-derived ethylene production, a sensitive test for seed vigor. **Journal American Society of Horticulturæ Science**, Alexandria. v.119, n.5, p.1083-1090, 1994.

KUNDU, C.; BASU, R.N. Hydration-desydration treatment of stored carrot seed for maintenance of vigour, viability and productivity. **Scientia Horticulturæ**, Amsterdam. v.15, p.117-125, 1981.

KRAFT, J.M. The role delphinidin and sugars in the resistance of pea seedling of *Fusarium* root rot. **Phytopathology**, St Paul. v.67, n.8, p.1057-1061, 1977.

LABORIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 1983.174p.

MARCHEZAN, E.; CAMARGO E.R.; LOPES, S.I.G.; SANTOS, F.M.; MICHELON, S. Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundação contínua. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1349-1354, set/out, 2004.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005, 495p.

MAY, L.H.; MILTHORPE, E.J.; MILTHORPE, F.L. Pre-sowing hardening of plants to drought: an appraisal of the contributions by P.A. Genke. **Field Crop Abstracts**, v.15, n.2, p.93-98, 1962.

MARCUS, A.; FEELEY, J. **Activation of protein synthesis in the imbibition phase of seed germination.** Communicated by Sterling B. Hendricks April, 1964.

McKERSIE, B.D.; TOMES, D.T. Effect of deshydration treatments on germination, seedlings, vigour and cytoplasmic leakage in wild oats and birdsfoot trefoil. **Journal of Botany**, Canadian. v.58, n.4, p.471-476, 1980.

MOTTA, C.A. P. Recuperação da viabilidade de sementes de café após tratamentos de hidratação e desidratação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.25, n.5, p.1142-1149, set./out., 2001.

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.

MOTTA, C.A.P; SILVA, W.R. Desempenho fisiológico e sanidade de sementes de trigo submetidas a tratamentos de hidratação/desidratação. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.56, n.3, p.571-580, 1999.

PINHO, S.Z.; CARVALHO, L.R.; DELACHIAVE, M.E.A. Limit between stages I and II of a seed imbibition curve. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v. 61, n.1, p.17-20, jan./fev. 2004.

POLLOCK, B.M. Vigour of garden bean seeds and seedlings influenced by initial seed moisture, substrate, oxygen and imbibition temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria. v. 51, p.577-584, 1969.

POSSE, S.C.P; SILVA, R.F.; VIEIRA, H.D.; CATUNDA, P.H.A. Efeito do condicionamento osmótico e da hidratação na germinação de sementes de

pimentão (*Capsicum annum* L.) submetidas a baixa temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina. v.28, n.1, p.123-127, 2001.

ROBERTS, E.H. Loss of viability: ultrastructural and physiological aspects. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.2, p.529-545, 1973.

ROSSETO, C.A.V.; NOVENBRE, A.D. da L.C; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NAKAGAWA, J. Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação. **Scientia Agricola**. Piracicaba. v. 54, n.1-2, p. 106-115. jan./ago. 1997.

SIMON. E.W; HAJA-HARUM, R.M. Leakage during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v.23, n.77, p.1076-1085, 1972.

TRIGO, M.F.O.O.; TRIGO, F.N. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de berinjela (*Solanum melongena* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.107-113, 1999.

VERTUCCI, C.W. The kinetics of seed imbibition: controlling factors and relevance to seedling vigor. In: Stanwood, P.C.;McDonald, M.B. (ed). **Seed Moisture**. Madison, Crop Science society of America.p.93-115, 1989. (CSSA Special Publication, 14).

VILLELA, F.A.; MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C. Estado energético da água na semente de milho no processo de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas. v. 25, n.1, p.95-100, 2003.

WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.12, n.1, p.1-15, 1988.

**PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SEQUEIRO CV.
PRIMAVERA**

2.3. PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SEQUEIRO, CV. PRIMAVERA

RESUMO: A pré-germinação é uma técnica de condicionamento fisiológico de sementes que está baseada na sua hidratação controlada, preparando-as para a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do condicionamento fisiológico de sementes de arroz cv. Primavera, através da pré-germinação nas temperaturas de 20 e 25 °C, com secagem posterior das sementes. Sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera foram submetidas à imersão em água por períodos de 8, 16, 24 e 32 h, seguidas de 16, 24, 32 e 40 h de incubação. Nas duas temperaturas, após o condicionamento, foi determinado o teor de água das sementes e foram aplicados os testes de germinação e primeira contagem. Para a temperatura de 25 °C, além destes, inicialmente, determinou-se a curva de embebição e, posteriormente, aplicaram-se os testes de frio, comprimento e massa seca de plântulas. Na temperatura de 25 °C, o tratamento de 8 h de imersão e 16 h de incubação apresentou umidade de 30,5%, considerada suficiente para ativação metabólica e apresentando os melhores resultados detectados nos testes de vigor. Os testes de germinação e vigor na temperatura de 20 °C, demonstraram melhores resultados com 16 h de imersão e 24 h de incubação. Conclui-se que os períodos de 8 h de imersão por 16 h de incubação, na temperatura de 25 °C e, 16 h de imersão por 24 h de incubação, na temperatura de 20 °C, são indicados para a pré-germinação de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera. A secagem das sementes, após a pré-germinação, pode ser realizada até 17,0%, sem prejuízos da qualidade fisiológica, entretanto, a redução do teor de água até 13,0% anula os benefícios do tratamento, prejudicando a germinação e o vigor.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, condicionamento fisiológico, secagem

2.3. PRÉ-GERMINATION OF SEEDS OF DRIED, CV. PRIMAVERA

ABSTRACT: The pre-germination is a technique of seeds physiologic conditioning of seeds that is based on its controlled hydration, preparing them for the germination and the initial development of the seedlings. The objective of the work was to evaluate the effects of the physiologic conditioning of seeds of rice cv. Primavera, through the pre-germination in the temperatures of 20 and 25 °C, with subsequent drying of the seeds. Seeds of rice cv. Primavera they were submitted to the immersion in water for periods of 8, 16, 24 and 32 h, following by 16, 24, 32 and 40 h of incubation. In the two temperatures, after the conditioning, it was certain the tenor of water of the seeds and they were applied the germination tests and first counting. For the temperature of 25 °C, besides these, initially, it was determined the curve of embebiton and, later, the tests of cold were applied, length and mass dries of seedlings. In the temperature of 25 °C, the treatment of 8 h of immersion and 16 h of incubation it presented humidity of 30.5%, considered enough for metabolic activation and presenting the best results detected in the vigor tests. The germination tests and vogor in the temperature of 20 °C, they demonstrated better results with 16 h of immersion and 24 h of incubation. It is ended that the periods of 8 h of immersion for 16 h of incubation, in the temperature of 25 °C and, 16 h of immersion for 24 h of incubation, in the temperature of 20 C°, are suitable for the pre-germination of seeds of rice of sequeiro cv. Primavera. The drying of the seeds, after the pre-germination, it can be accomplished up to 17.0%, without damages of the physiologic quality, however, the reduction of the tenor of water up to 13.0% annuls the benefits of the treatment, harming the germination and the vigor.

Keywords: *Oryza sativa*, physiologic conditioning, drying

2.3.1. REVISÃO DE LITERATURA

A pré-germinação é uma técnica de condicionamento fisiológico de sementes que, baseada na hidratação controlada, tem por objetivo preparar as sementes para a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas.

As vantagens dessa técnica incluem a reestruturação da integridade das membranas e aumento da disponibilidade de metabólitos prontos para serem utilizados na germinação, além de diminuição das perdas de solutos das sementes durante o processo de hidratação (Braccini et al., 1996). Para que isso ocorra, são necessárias várias mudanças fisiológicas e bioquímicas que ocorrem durante o tratamento de pré-germinação ou como consequência deste, incluindo mudanças na síntese de macromolécula, alteração na atividade de várias enzimas, aumentando o poder germinativo e vigor das sementes (Fu et al., 1988; Khan, 1992; Smith e Cobb, 1992; Sung e Chang, 1993).

Todos esses processos têm início, com a hidratação das sementes, provocando a retomada do metabolismo, entretanto, nesse período relativamente curto de anaerobiose natural, se formam produtos danosos como etanol e ácido láctico. Assim, são necessários mecanismos de reparo dos componentes celulares, danificados com a desidratação e, conseqüente aumento da atividade aeróbica, produzindo ATP e reativando o metabolismo celular (Marcos Filho, 2005).

Os teores de água atingidos pelas sementes durante a hidratação variam de acordo com a fase em que estas se encontram (Bewley e Black, 1994). Inicialmente, a absorção ocorre de forma rápida, devido à diferença de potencial hídrico entre a semente e o substrato.

A fase II é caracterizada por uma redução drástica na velocidade de absorção, podendo ser extensa em algumas espécies ou não ocorrer. Segundo Marcos Filho (2005), pode se estender de 8 a 16 horas, quando surgem os primeiros sinais da reativação do metabolismo. Esta fase é fundamental para a ativação dos processos metabólicos, pois enzimas e organelas como

mitocôndrias, tornam-se funcionais em sementes hidratadas (Taylor, 1997). Neste momento, ocorre síntese de moléculas de DNA, RNA e proteínas (Marcus e Feeley, 1964; Bray, 1995), além do reparo das membranas celulares (Castro e Hilhorst, 2004) e formação de polissomos, a partir de ribossomos livres, que favorecem a tradução de mRNA em proteínas estruturais e enzimáticas, envolvidas na hidrólise da parede celular, na diferenciação de tecidos (Bewley e Black, 1994).

A fase II apresenta também aumento da difusão de solutos para regiões de marcante metabolismo (Marcos Filho, 2005) e principalmente, na região do endosperma onde ocorrerá a emissão da radícula (Bradford et al., 2000), que define o início da fase III.

Em geral, os teores de água absorvidos pelas sementes endospermáticas durante a hidratação, são equivalentes a 25- 30%, no início a fase II quando a absorção se estabiliza ou aumenta muito pouco (Ferreira e Borghetti, 2004). Ao atingir a fase III, porém, há um aumento do teor de água, onde as sementes alcançam umidade superior a 30-35% (Taylor, 1997; McDonald et al., 1994).

O controle da umidade é fundamental nos tratamentos de condicionamento (Marcos Filho, 2005). Assim, sabe-se que sementes com teor de água de 10 a 13% não apresentam reações de síntese, enquanto nos teores de 12 a 20%, ocorre decréscimo na taxa respiratória e início de reações de síntese catalisadas por enzimas. Os teores de água de 20 a 30%, favorecem o aumento da respiração e são considerados níveis mínimos para atividades enzimáticas de reações anabólicas, além de estruturação do sistema de membranas e síntese de proteínas e ácidos nucleicos na germinação.

As sementes ao atingirem teor de água de 30 a 40%, apresentam síntese de proteínas e ácidos nucleicos, associada à ativação de mecanismos de reparo de membranas e DNA, havendo complementação da germinação quando as sementes atingem teor de água superior a 41%.

A pré-germinação, bem como a taxa, sincronia e a percentagem de emergência das plântulas são afetadas pelo vigor das sementes. Em estudos

comparativos, foram observados resultados superiores àqueles obtidos em sementes não tratadas de várias espécies, particularmente, sob condições adversas à sementeira, tais como: baixas e altas temperaturas, déficit hídrico ou salinidade (Cano et al., 1991; Pill et al., 1995). Essa melhoria no desempenho se dá pela maior síntese de DNA em sementes vigorosas quando comparadas com as de baixo vigor. Desta forma, a pré-germinação pode ser utilizada para uniformizar essas diferenças entre lotes (Bray, 1995).

A temperatura e os tempos utilizados na preparação das sementes devem ser levados em consideração, pois são fatores que controlam a entrada de água na semente (Khan, 1992). Portanto, a combinação inadequada entre teor de água e temperatura, pode proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento de microorganismos, acentuando a deterioração das sementes (Marcos Filho, 2005).

A rápida germinação é determinada principalmente, pela velocidade de hidratação, ressaltando a importância da temperatura. Assim, é desejável o menor tempo de exposição possível das sementes às condições menos favoráveis de ambiente, que podem provocar decréscimo acentuado na velocidade de germinação, devido aos seus efeitos sobre a velocidade de hidratação e mobilização de reservas (Marcos Filho, 2005). De acordo com Wielewicki e Barros (2002), em sementes de arroz, a temperatura de 20 °C diminui o crescimento das plântulas.

Em relação aos períodos de exposição das sementes, observar-se que a utilização de tempos elevados promove redução no teor de O₂, disponível para o embrião (Franco et al., 1997). Durante o início da hidratação, a energia gerada para a realização de atividades vem da respiração anaeróbica, devido a formação de uma camada contínua de água circundando a semente, após as sementes atingirem um certo teor de água e, então, passa a permitir a entrada de O₂ via respiração aeróbica (Marcos Filho, 2005). Nesse momento, a respiração é rapidamente ativada, quando as sementes apresentam teor de água próximo a 20,0%, dando início a várias rotas e ciclos, como o de Krebs (Ferreira e Borghetti, 2004). Portanto, quando a disponibilidade de O₂ é

reduzida, as sementes estão sujeitas a mudanças da via normal aeróbica de suprimento de ATP, para uma via anaeróbica, dificultando a germinação (Lima et al., 2004).

As sementes pré-germinadas podem ser submetidas à secagem no final do processo, a fim de mantê-las preparadas por maiores períodos de tempo para o armazenamento. Esse processo é considerado rotineiro em sementes de hortaliças, porém em arroz, a secagem após o condicionamento não é comum, no entanto, facilita a semeadura ou armazenamento sem causar danos ao embrião (Trigo e Trigo, 1999; Castro e Hilhorst, 2004).

O processo de hidratação e desidratação de sementes reduz a deterioração fisiológica e aumenta o potencial de armazenamento (Kundu e Basu, 1981), podendo haver, no entanto, durante a secagem liberação de solutos, devido à desintegração de estruturas como tonoplastos e plasmodesmos (Bradford et al., 2000), que deixam de agir como barreira na lixiviação de substâncias intracelulares, promovendo como consequência, perda de vigor das sementes (Bevilaqua et al., 1997). A perda da integridade das membranas e demais estruturas que servem de barreira seletiva, controlando o fluxo de água e nutrientes das sementes com o meio exterior, favorece a lixiviação de íons, (Roberts, 1973), entre eles P e K, açúcares, grãos de amido e proteínas (Ratcliff et al., 1993) e metabólitos voláteis (Khan, 1992).

Algumas espécies, no entanto, apresentam baixa tolerância à dessecação após o condicionamento, que se deve ao aumento da degradação nos níveis de RNAr durante a reidratação e redução da síntese de proteínas.

A pré-germinação vem sendo amplamente utilizada em sementes de arroz irrigado, no sistema de cultivo pré-germinado, principalmente nos estados de Santa Catarina e menor escala no Rio Grande do Sul. Contudo, para sementes de arroz de sequeiro ainda não se verifica a utilização da técnica, que poderia trazer benefícios à produção, se utilizada a fim de preparar as sementes para a germinação antes de atingirem a fase de formação de plântula.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do condicionamento fisiológico de pré-germinação de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera nas temperaturas de 20 e 25 °C, com posterior secagem das sementes .

2.3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS), do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria, no ano de 2004, utilizando-se sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera, provenientes de produtores de sementes da região de Santa Maria – RS.

Foram realizados estudos referentes ao condicionamento fisiológico das sementes, utilizando-se combinações de períodos de imersão e incubação e, secagem das sementes condicionadas.

O condicionamento fisiológico de pré-germinação consistiu da imersão de 80g de sementes, acondicionadas em sacos de algodão, imersos em água destilada em copos de Becker contendo 2 L de água destilada, complementado pela incubação das sementes entre papel úmido.

Foram utilizadas temperaturas de 20 e 25 °C. Na temperatura de 25 °C, as sementes foram mantidas por períodos de imersão de 8, 16, 24, e 32 horas e períodos de incubação de 16, 24, 32 e 40 horas. Na temperatura de 20 °C foram realizados os tratamentos 8x16, 8x24, 8x32, 16x16, 16x24, 16x32 e 24x16, 24x24 (períodos de imersão x períodos de incubação). O tratamento 8x40 e as combinações acima de 24x24 não foram realizadas por serem considerados períodos longos e sem resultado promissores, a partir da análise dos dados na temperatura de 25 °C.

Na temperatura de 25 °C, logo após o condicionamento das sementes, determinou-se o teor de água, além dos testes de germinação, primeira contagem, frio, comprimento e massa seca de plântulas. Na temperatura de 20

°C foram realizadas os testes de germinação e primeira contagem, descritos a seguir.

Teor de água (TA) – foi determinado com duas repetições de 50 sementes em estufa com circulação de ar forçado, marca Nova Ética, a 105 °C ,por 24 h.

Teste de germinação (G) – realizado com quatro repetições de 100 sementes, semeadas em rolos de papel umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel substrato. As sementes foram mantidas à temperatura constante de 20 e 25 °C e a contagem final foi realizada aos quatorze dias, considerando-se as plântulas normais de cada repetição, obtendo-se a média das repetições, com os dados expressos em percentagem de germinação.

Primeira contagem (PC) – o teste foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, utilizando-se quatro repetições de 100 sementes, computando-se a percentagem de plântulas normais obtidas no sétimo dias após a instalação do teste. Considerou-se como resultado do teste a média das repetições, expressa em percentagem de plântulas normais.

Teste de frio (TF) – utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes distribuídas nos rolos de papel sem solo 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 10 °C, durante sete dias, sendo transferidos, após esse período para um germinador com temperatura de 25 °C, onde permaneceram por cinco dias, sendo avaliada a percentagem de plântulas normais formadas.

Comprimento de plântulas (TP) – utilizou-se o comprimento médio das plântulas normais obtidas a partir da semeadura de quatro repetições de 10 sementes, em substrato rolo de papel. Os rolos de papel contendo as

sementes permaneceram à temperatura constante de 25 °C por cinco dias, quando então, foi avaliado o comprimento das plântulas com auxílio de régua milimetrada. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais mensuradas, com resultados expressos em cm.

Massa seca das plântulas (MS) – conduzido com quatro repetições de 10 plântulas, originadas do teste anterior, mantidas em sacos de papel, em estufa a 60 °C, por 24 horas. Em seguida, as repetições foram pesadas em balança de precisão 0,001g e o valor obtido da soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. O resultado foi expresso em g/plântula.

Secagem das sementes - a combinação de 8 horas de imersão por 24 horas de incubação foi escolhida, devido aos resultados satisfatórios, observados nos testes anteriores e por se tratar de períodos reduzidos, para a secagem das sementes após o condicionamento.

As sementes pré-germinadas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçado, na temperatura de 42°C até atingirem umidade de 13 %, adequada para o armazenamento das sementes de arroz.

As sementes foram submetidas aos testes de germinação, primeira contagem, comprimento e massa seca de plântulas, descritos anteriormente.

Análise estatística: para os dados de pré-germinação, na temperatura de 25 °C utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado num bifatorial (4x4), sendo 4 períodos de imersão e 4 períodos de incubação, com quatro repetições e os dados foram analisados por meio de superfície de resposta, quando houve interação e regressão polinomial nos casos de ausência de interação.

Na temperatura de 20 °C, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado num esquema fatorial, onde cada combinação de períodos foi

considerada um nível do fator, por se tratar de experimento com intervalos entre os tratamentos (ausência da combinação 8 horas de imersão por 40 horas e incubação), sendo realizada comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os dados de secagem, também se utilizou o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados expressos em percentagem foram transformados em arcoseno.

2.3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 15 apresenta o teor de água das sementes de arroz cv. Primavera após o condicionamento de pré-germinação. Na temperatura de 25 °C o teor de água das sementes (Figura 15a) mostrou uma rápida absorção de água em todos os períodos estudados.

Nos tratamentos T1 a T4 correspondentes ao período de imersão de 8 horas seguida por 16, 24, 32 e 40 horas de incubação, constatou-se a maior velocidade de absorção de água, na qual as sementes atingiram com 8 h de imersão e 16 h de incubação, 30,5% de umidade, havendo pequenos acréscimos com o aumento dos períodos de exposição, constituindo a fase II da hidratação (Bewley e Black, 1994). Resultados semelhantes em relação à rápida absorção de água foram verificados na hidratação de sementes de milho (Villela et al., 2003).

Salienta-se que no tratamento de 8 h de imersão por 24 h de incubação, as sementes atingiram a umidade considerada mínima (30,0%), necessária para complementar o processo de germinação, de acordo com Marcos Filho (2005). O teor de água alcançado pelas sementes nas primeiras horas de imersão foi suficiente para a ocorrência dos eventos necessários à germinação, pois segundo Marcos Filho (2005), teores de água acima de 20,0% promovem

o aumento da respiração, reestruturação do sistema de membranas celulares, síntese de ATP, além da síntese de proteínas e ácidos nucléicos durante a germinação, evidenciando que as sementes atingiram a fase II da hidratação (Bewley e Black, 1994).

O teor de água das sementes nos tratamentos T5 a T8 (16x16, 16x24, 16x32, 16x40) e T9 a T12 (24x16, 24x24, 24x32, 24x40), foi de 31,1% e 32,2%, respectivamente, verificando-se uma redução na velocidade de absorção, característico da fase II (Bewley e Black, 1994). No entanto, as sementes já haviam adquirido umidade necessária para a germinação em períodos anteriores, evidenciando a importância das primeiras horas de imersão das sementes (Pinho et al., 2004), devido à rápida absorção que ocorre nesse período. Nesse sentido, torna-se desnecessária a permanência das sementes em água por períodos maiores, pois além de despender maior tempo, pode promover a lixiviação de solutos, como íons, (Roberts, 1973), entre eles P e K, açúcares, grãos de amido e proteínas (Ratcliff et al., 1993), metabólitos voláteis (Khan, 1992), macromoléculas (Marcos Filho, 1995) e desenvolvimento de microorganismos (Marcos Filho, 2005).

Os tratamentos T13 a T16 (32x16, 32x24, 32x32, 32x40) apresentaram aumento no teor de água das sementes para 34,7%. Esses períodos podem ser, no entanto, considerados muito longos para o tratamento, visto que as sementes já estão fisiologicamente (Marcos Filho, 2005) preparadas para a germinação, além dos possíveis danos causados às sementes. Soma-se a isso, a redução da disponibilidade de O₂ para o embrião (Franco et al., 1997), podendo promover mudanças da via normal aeróbica de suprimento de ATP, para uma via anaeróbica, dificultando a germinação (Lima et al., 2004).

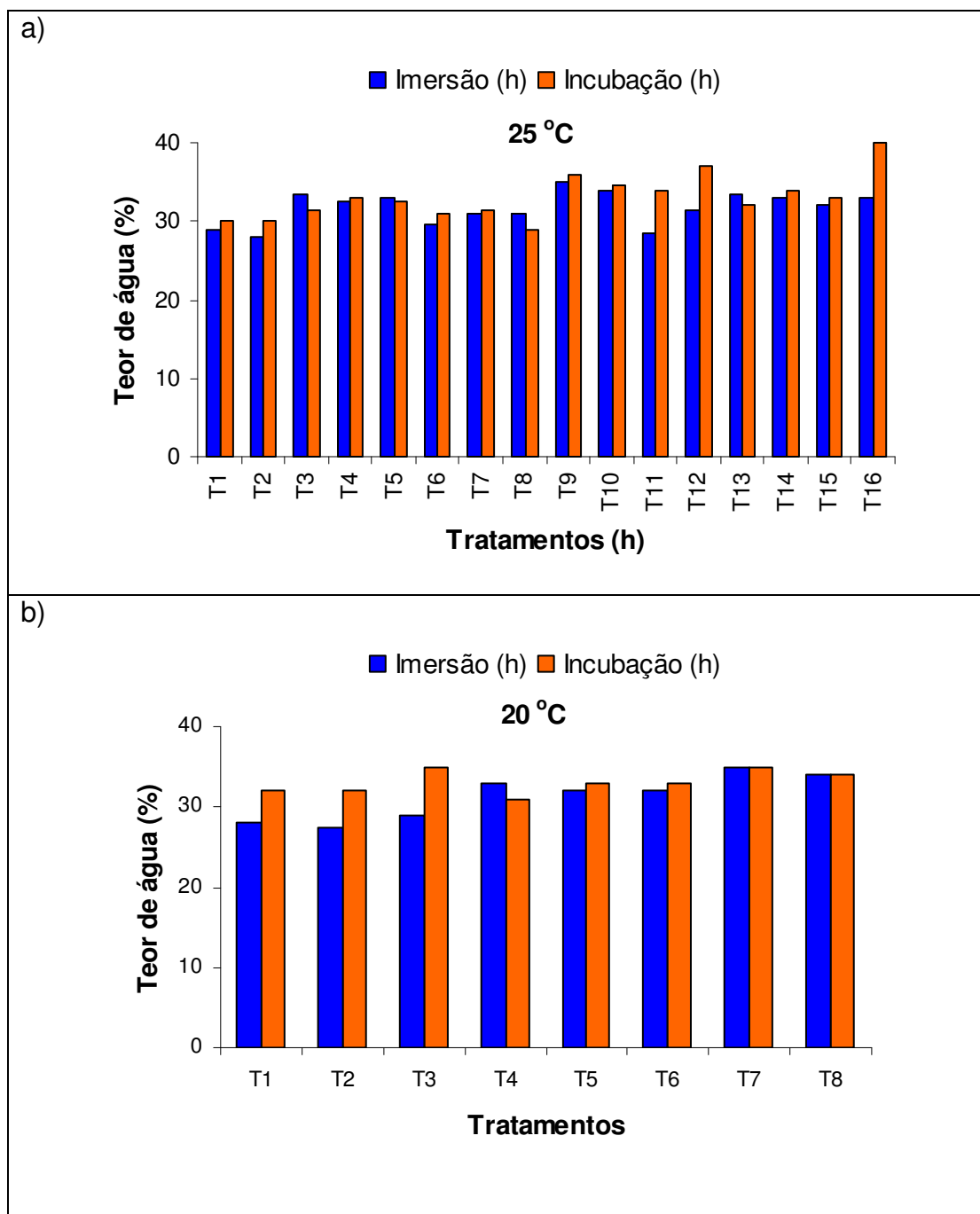


FIGURA 15: Teor de água das sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera após a pré-germinação. a) 25 °C: imersão (8, 16, 24 e 32 h), incubação (16, 24, 32 e 40 h); b) 20 °C: combinações 8x16, 8x24, 8x32, 16x16, 16x24, 16x32, 24x16 e 24x24. Santa Maria – RS, 2005.

Na Figura 15b encontram-se os resultados do teor de água das sementes submetidas ao condicionamento na temperatura de 20 °C. Observou-se que nos tratamentos T1 a T3 (8x16, 8x24, 8x32) as sementes absorveram em média 33,0% de umidade inicial, evidenciando que a temperatura de 20 °C promoveu elevada absorção de água nas primeiras horas da hidratação, quando comparada a 25 °C. Assim, constatou-se que no tratamento de 8 h de imersão por 16 h de incubação, as sementes atingiram a umidade de 30,0%, ultrapassando aquela considerada mínima para ativação metabólica (Marcos Filho, 2005).

Nos demais tratamentos, o teor de água das sementes variou de 32,3% a 35,0%, sem haver aumento após os períodos de incubação, indicando que o maior volume de água absorvido ocorre na fase I (Bewley e Black, 1994), complementada gradativamente na fase II, e por isso o aumento dos períodos de imersão e incubação não traz benefícios à pré-germinação.

Os dados do teste de germinação das sementes submetidas a diferentes períodos de imersão e incubação na temperatura de 25 °C estão representados na Figura 16. Observou-se interação significativa entre os fatores períodos de imersão e períodos de incubação das sementes, sendo estabelecido um ponto de máxima, onde a maior percentagem estimada de plântulas normais formadas ocorreu com 31 h de imersão e 20 h de incubação, atingindo germinação média de 88%.

Esses dados evidenciam que embora, as sementes tenham atingido teor de água mínimo para ativação metabólica como sugere Marcos Filho (2005), em tratamentos anteriores, a tendência para obtenção de maiores resultados é crescente até determinados valores. Isso, provavelmente, porque como as condições para a germinação final são bastante amplas, mesmo quando as condições são ideais, as sementes que apresentam estresse ou qualidade fisiológica inferior acabam germinando. Porém, à medida que o tempo e as condições se afastam do ideal, há um sinergismo dos fatores prejudiciais e/ou perda de qualidade.

É importante salientar que os períodos utilizados na pré-germinação podem ser manipulados, de acordo com a praticidade, favorecendo a semeadura e horário mais propício, desde que tenham proporcionado umidade suficiente para a ativação metabólica dando início ao processo de germinação, sem a necessidade de formação de plântula. Além disso, deve-se observar os danos causados na utilização de períodos muito extensos, a fim de evitar perdas das melhorias adquiridas durante a pré-germinação.

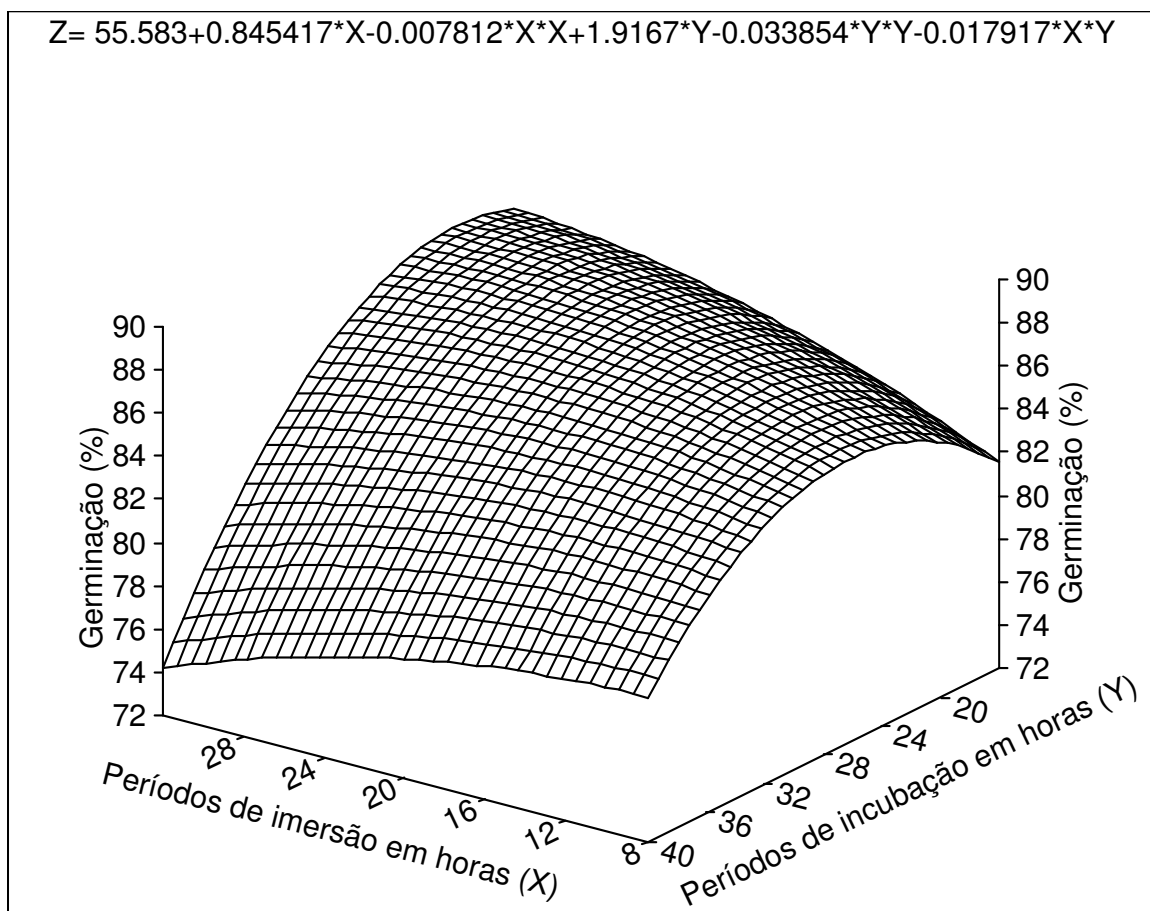


FIGURA 16: Germinação (%) de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera sob diferentes períodos de imersão e incubação na temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.

Os resultados do teste de primeira contagem representados na Figura 17 indicam que não houve interação entre os períodos testados de imersão e incubação.

Nos dados referentes aos períodos de imersão das sementes (Figura 17a) não se observou variação da porcentagem de plântulas formadas aos sete dias com o aumento dos períodos de exposição das sementes.

Devido ao teor de água atingido pelas sementes no período de 8 h de imersão, ser considerado suficiente para ativação do metabolismo celular nas sementes (Marcos Filho, 2005), provavelmente, não há necessidade de permanência das sementes por períodos prolongados, pois pode haver perdas de qualidade (Franco et al., 1997; Marcos Filho, 2005). Além disso, deve-se levar em consideração, o fato de que a utilização da pré-germinação visa o aumento na velocidade de formação de plântulas, portanto a avaliação da primeira contagem é considerada importante para a definição dos melhores períodos de pré-germinação.

A presença de sementes vigorosas favorece a rápida velocidade de formação de plântulas formadas, pois ocorre maior síntese de DNA (Bray, 1995), além de atividade metabólica acelerada, com a síntese de macromoléculas, enzimas e, conseqüentemente, a germinação (Fu et al., 1988; Khan, 1992; Smith e Cobb, 1992; Sung e Chang, 1993).

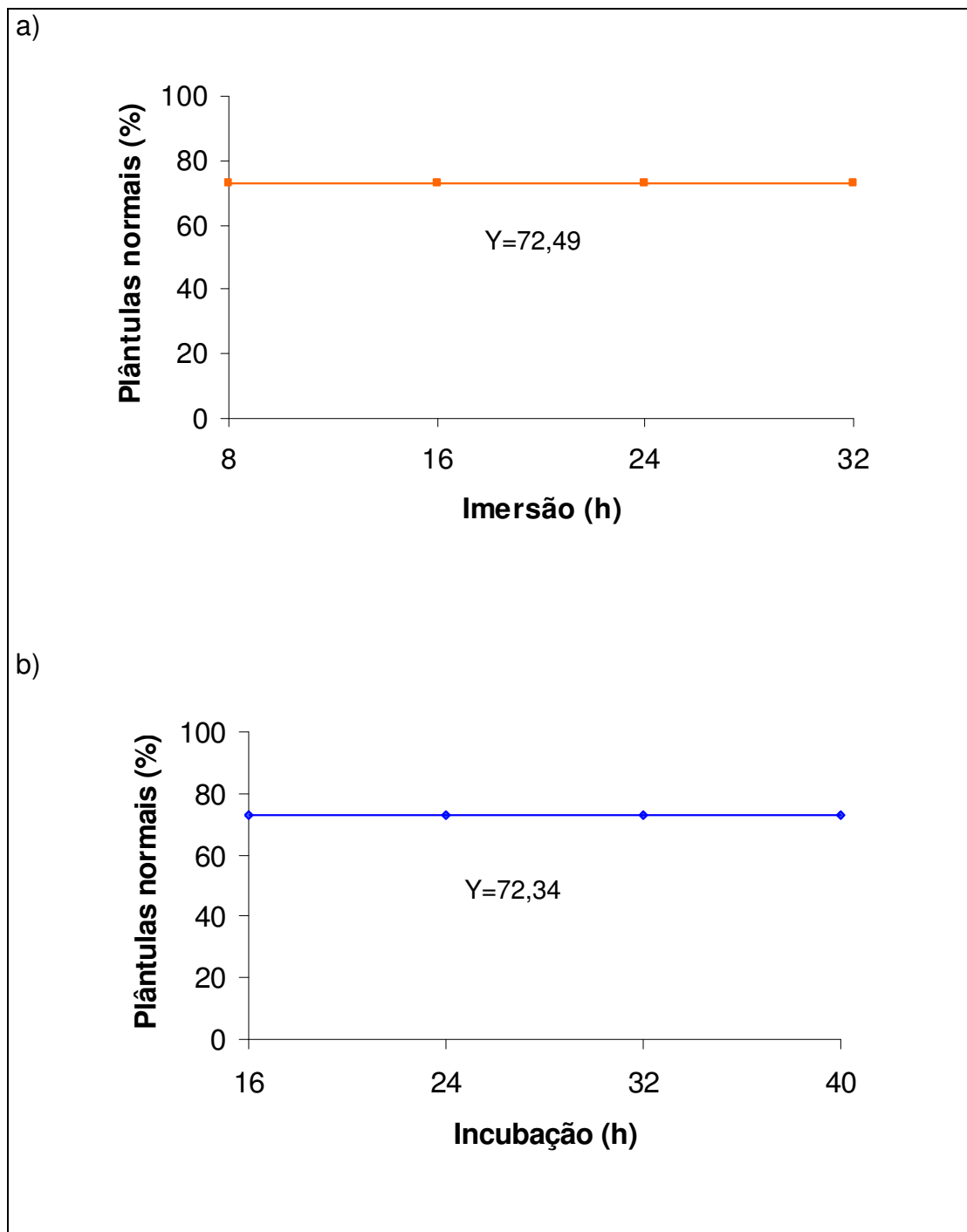


FIGURA 17: Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera no teste de primeira contagem (%), sob temperatura de 25 ° C. Santa Maria – RS, 2005.

A Figura 17b mostra os dados referentes aos períodos de incubação das sementes, onde também não se observou diferença significativa entre eles, sendo possível a utilização de períodos como 16 horas, na qual a umidade das sementes, provavelmente é satisfatória. Nessa etapa da pré-germinação, observa-se a complementação da fase II da hidratação (Bewley e Black, 1994) iniciada após as primeiras horas de imersão. Portanto, com a reduzida velocidade de absorção de água ocorrem preparação e ativação do metabolismo (Ferreira e Borghetti 2004; Pinho et al., 2004), entre eles aumento da respiração, estruturação do sistema de membranas e síntese de proteínas e ácidos nucleicos, associada a ativação de mecanismos de reparo de membranas e DNA (Marcos Filho, 2005), além da digestão enzimática, mobilização e translocação de reservas assimilação metabólica (Bray, 1995).

A percentagem de plântulas formadas no teste de frio (Figura 18) indicou influência dos períodos testados na formação de plântulas em condições adversas. O aumento do período de imersão prejudicou o desenvolvimento das plântulas, quando submetidas ao estresse de temperatura, evidenciando-se o efeito dos danos causados pela associação de longos períodos de imersão com baixas temperaturas.

Assim, a utilização de 8 h de imersão pode ser considerada suficiente para a germinação das sementes em condições adversas, indicando que, assim, como no teste de primeira contagem, o vigor das sementes exerce influência sobre o condicionamento de pré-germinação (Bray, 1995). Portanto, sementes vigorosas têm condições de germinar com maior velocidade, quando mantidas por tempo menor de imersão e incubação, mesmo que as condições não sejam as ideais para esse processo (Cano et al., 1991; Pill et al., 1995; Bray, 1995), pois há maior síntese de DNA, entre outros eventos em sementes vigorosas quando comparadas com as de baixo vigor (Bray, 1995).

O tratamento das sementes em diferentes períodos de incubação (Figura 18b) não evidenciou diferenças significativas entre eles, provavelmente por se tratar de um período complementar à imersão. Assim, a utilização do período de 16 h pode ser recomendada, promovendo os benefícios adquiridos

no condicionamento, como aumento na percentagem de germinação, redução do tempo entre a sementeira e a emergência das plântulas, e principalmente, aumento na tolerância das sementes às condições ambientais adversas no momento da sementeira (Braccini et al., 1996; Motta e Silva, 1997; Trigo e Trigo, 1999). De acordo com Bray (1995), a permanência das sementes na fase II, promove maiores vantagens em relação ao início dos eventos metabólicos pré-germinativos.

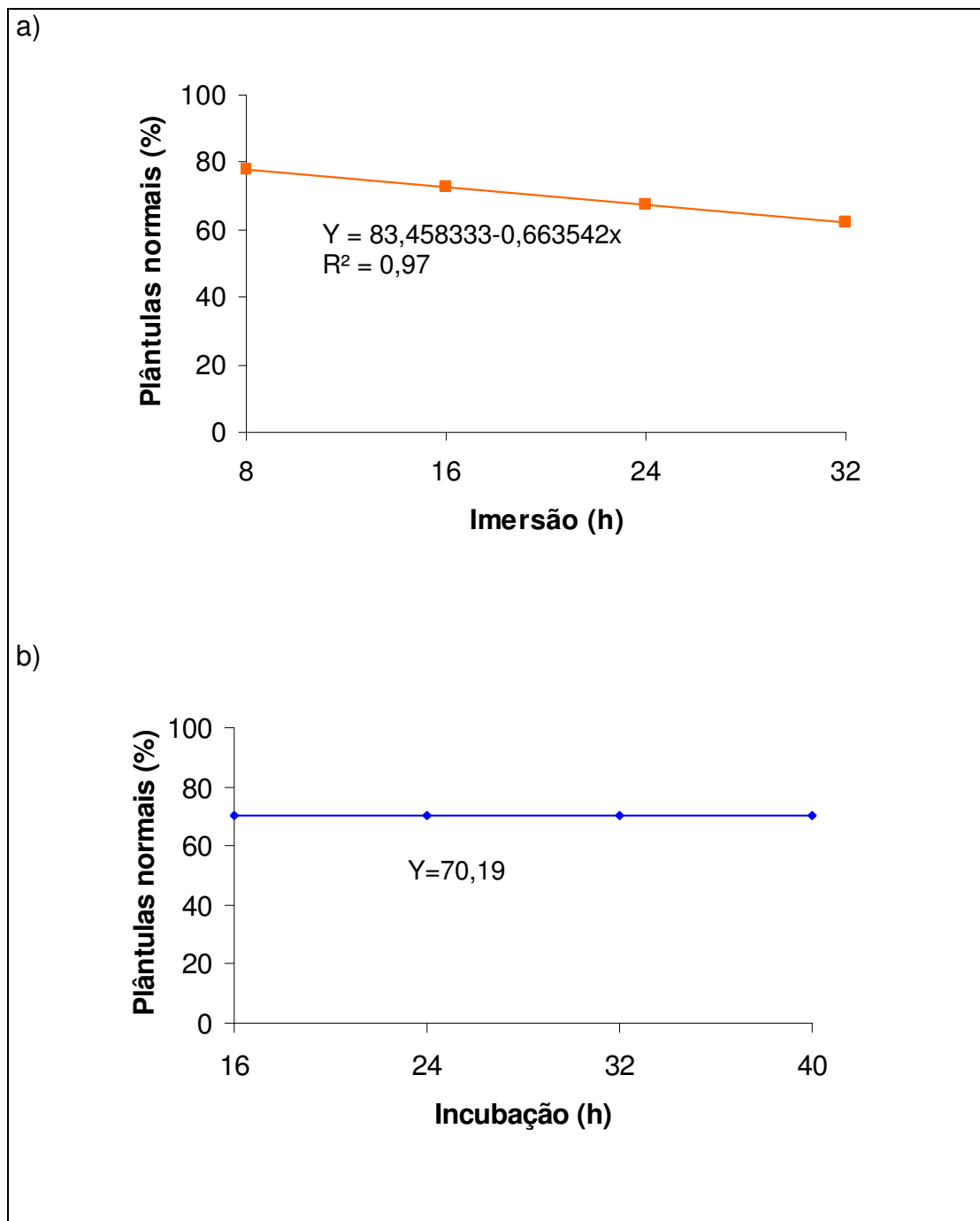


FIGURA 18: Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera na formação de plântulas normais no teste de frio, sob temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.

O comprimento das plântulas formadas (Figura 19) indica que os períodos de imersão (Figura 19a) afetaram a formação de plântulas normais, havendo maiores resultados nos períodos de 16 e 24 h. Esse fato mostra que em 8 h de imersão as sementes atingiram umidade para ativação metabólica, no entanto, a permanência até 16 h, favoreceu a complementação das fase I e II da hidratação, necessária para a distribuição e translocação de nutrientes do endosperma para o embrião na fase de hidratação das sementes durante a germinação (Bewley e Black, 1994). Além disso, os benefícios promovidos pelo tratamento de pré-germinação, através da absorção de água (Cano et al., 1991; Pill et al., 1995; Marcos Filho, 2005) devem ser levados em consideração, favorecendo o desenvolvimento inicial das plântulas, principalmente em sementes vigorosas (Bray, 1995).

Períodos maiores que 24 horas, no entanto, demonstram ser prejudiciais ao crescimento das plântulas, assim como relatado por Franco et al. (1997).

A Figura 19b retrata os resultados dos períodos de incubação das sementes sobre a formação de plântulas, no qual não se observou diferença significativa entre os períodos. Os dados indicaram que o comprimento das plântulas formadas não foi afetado com o aumento do período de exposição, assim como nos demais testes, destacando-se, portanto, a possibilidade de utilização de períodos de 16 horas, que obteve valores absolutos maiores, pois períodos maiores tornam-se desnecessários. Salienta-se que a manutenção das sementes em incubação pode promover a perda dos benefícios promovidos pelo condicionamento e danos pelo ataque de microorganismos (Marchezan et al., 2004) e outros efeitos negativos.

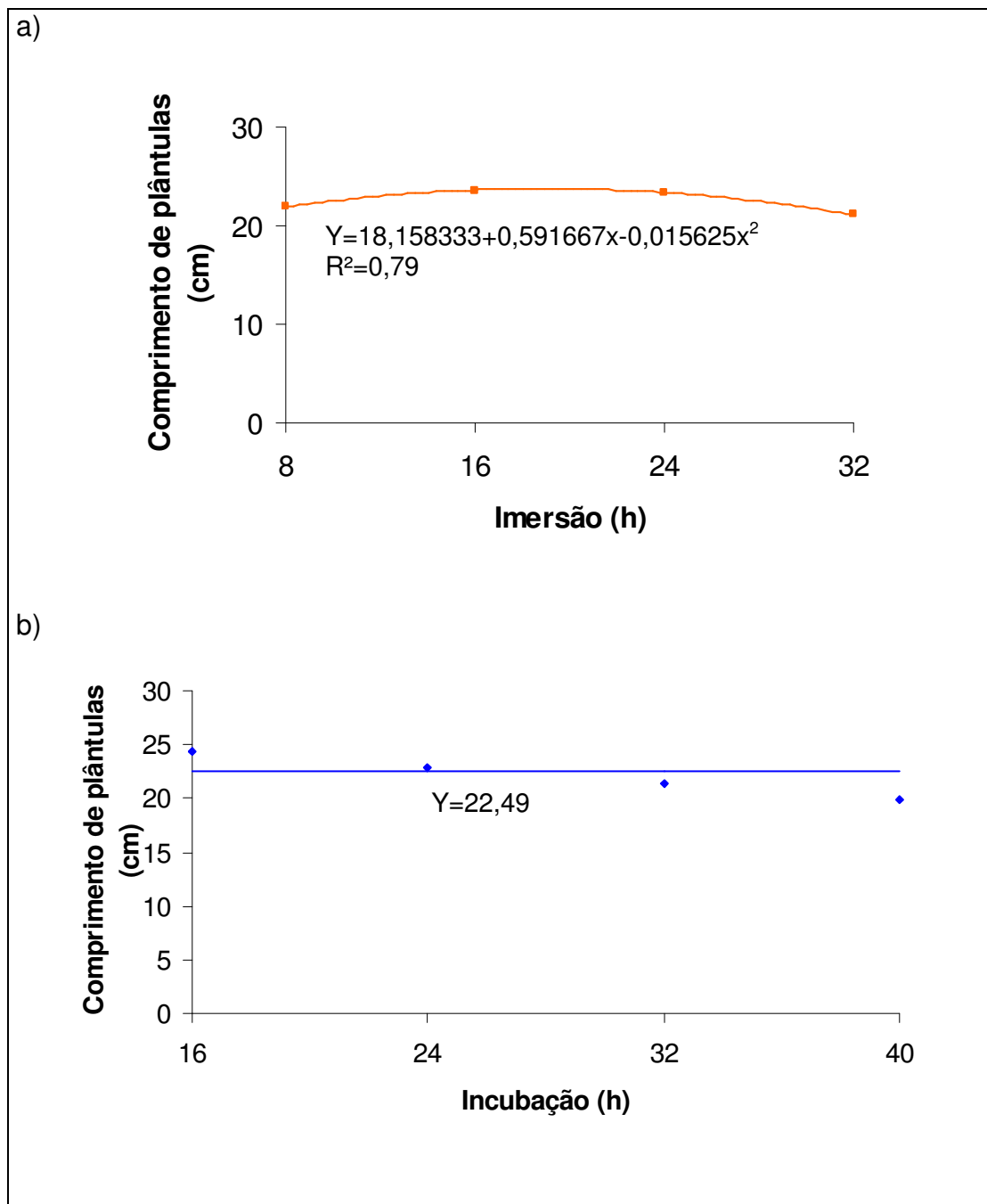


FIGURA 19: Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz sequeiro cv. Primavera, no comprimento de plântulas (cm), sob temperatura de 25 ° C. Santa Maria – RS, 2005.

Os resultados de massa seca das plântulas após os tratamentos de pré-germinação (Figura 20) não apontaram variação significativa entre os tratamentos.

Em relação aos períodos de imersão (Figura 20a) foram observados maiores valores de massa seca quando as sementes foram expostas por 16 h e 32 h. Assim, períodos de 8 ou 16 h podem ser recomendados, visto que esta variação entre os períodos, pode ser devido a imprecisão do método de análise de massa seca. Além disso, a ativação enzimática, elevação da taxa respiratória, transporte de nutrientes do endosperma para o embrião, entre outros eventos, provavelmente, tenha sido iniciada em períodos menores que os citados, devido à umidade (Marcos Filho, 2005) atingida já no período de 8 horas, demonstrando o papel fundamental desta fase da hidratação no desenvolvimento da plântula.

A imersão das sementes por períodos longos, sem prejuízo à massa seca das plântulas, como também havia sido observado no teste de germinação, provavelmente se deve ao fato dessas condições não produziram situações drásticas que impeçam os processos de divisão e alongação celular (Castro e Hilhorst, 2004), resultando, assim em incremento de massa.

A massa seca das plântulas (Figura 20b), contudo, sofreu um decréscimo com o aumento do período de exposição das sementes em incubação, sendo os melhores resultados encontrados com 16 h. As vantagens do tratamento de pré-germinação para aquisição de massa, deve-se, provavelmente, à ativação do metabolismo promovida durante a imersão em água. Esses dados ressaltam o fato de que os tratamentos de pré-germinação devem ser realizados com moderação dos períodos de imersão e incubação (Castro e Hilhorst, 2004).

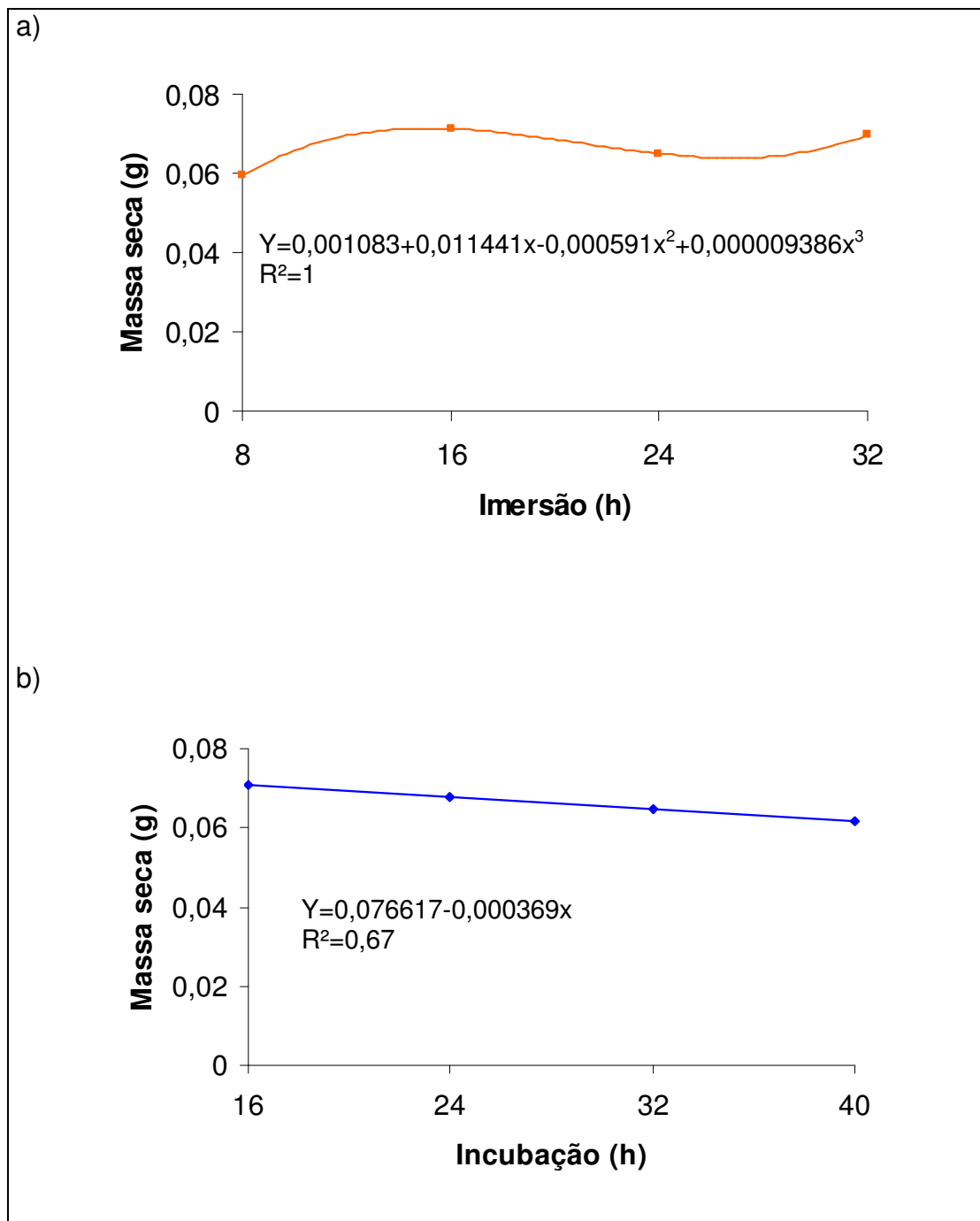


FIGURA 20: Efeito dos períodos de imersão (a) e incubação (b) de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera, na massa seca de plântulas, sob temperatura de 25 °C. Santa Maria – RS, 2005.

Os resultados dos testes de germinação e vigor das sementes após o condicionamento de pré-germinação na temperatura de 20 °C, são indicados na Tabela 2.

No teste de germinação, observou-se que os tratamentos T1 a T3 (8x16, 8x24, 8x32) não diferiram entre si. Assim, em relação aos períodos de imersão, torna-se possível a utilização de 16 ou 24 h, a fim de promover a ativação do metabolismo. Há, entretanto, necessidade de maiores períodos de incubação de 24 ou 32 h, dependendo da combinação de tratamentos, complementando a fase de imersão, em termos de ativação metabólica, respiração celular, ativação de enzimas necessárias à quebra de deslocamento de nutrientes, ativação, translocação de nutrientes, característicos da fase II (Bewley e Black, 1994). Segundo Castro e Hilhorst (2004), maiores períodos de imersão devem ser compensados por menores períodos de incubação, no entanto, devido aos danos causados pela exposição das sementes à água (Franco et al., 1997; Lima et al., 2004; Marcos Filho, 2005), sugere-se a combinação dos períodos de 16 h por 24 h quando a temperatura é reduzida.

A necessidade de maiores períodos de tratamento de pré-germinação na temperatura de 20 °C pode ser justificada pela reduzida atividade que ocorre nas sementes nesta temperatura (Heydecker et al., 1975) Entretanto, é desejável a menor exposição possível das sementes às condições menos favoráveis de ambiente, pois a combinação inadequada entre teor de água e temperatura, pode proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento de microorganismos, acentuando a deterioração das sementes (Marcos Filho, 2005). De acordo com Pinho et al. (2004), a duração de cada fase de hidratação depende de propriedades inerentes à semente, bem como das condições de hidratação, temperatura e composição do substrato.

TABELA 2: Médias estimadas de tratamentos das variáveis: primeira contagem e germinação de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera em diferentes tratamentos de imersão e incubação de sementes a 20 °C. Santa Maria – RS, 2005.

<i>Tratamento (h)</i>	<i>G (%)</i>	<i>PC (%)</i>
T1 = 24x24	93 a*	89 a*
T2 = 16x24	92 a	87 a
T3 = 16x32	91 a	84 a
T4 = 16x16	89 ab	81 ab
T5 = 24x16	81 ab	81 ab
T6 = 8x32	81 ab	75 ab
T7 = 8/16	64 c	45 c
T8 = 8/24	61 c	43 c

* Tratamentos com médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Na Tabela 2 encontram-se também os resultados de primeira contagem, onde se observa a mesma tendência verificada no teste de germinação. A percentagem de plântulas normais formadas aos sete dias indicou que são necessários períodos maiores de tratamento na temperatura de 20 °C. Sementes imersas em água por 16 h complementadas com 24 h de incubação, provavelmente apresentem todos os requisitos mínimos para a germinação devido ao teor de água atingido por estas sementes.

Além disso, observou-se efeito da temperatura sobre a qualidade fisiológica das sementes, havendo redução da percentagem de plântulas quando comparadas com a temperatura de 25 °C. Esses resultados de queda do vigor das sementes quando submetidas à temperatura de 20 °C são corroborados por Wielewicki e Barros (2002), que também verificaram decréscimo no crescimento das plântulas formadas nessa temperatura.

Na Figura 21 encontram-se os resultados de secagem das sementes após a pré-germinação por período de 8 h de imersão e 24 h de incubação.

Os dados do teste de germinação (Figura 21a) mostraram que a percentagem de plântulas normais formadas se manteve com pequenos decréscimos após a secagem das sementes condicionadas até umidade de 17,0%. Houve, no entanto, uma menor redução da percentagem de germinação para 82% quando atingiram umidade de 13,0%, possivelmente porque alterações fisiológicas ocorrem nas sementes após a desidratação, quando a germinação é interrompida (Wielewicki e Barros, 2002). Mesmo neste caso, a percentagem de germinação é aceita para sementes (Brasil, 1992) existindo, portanto, a possibilidade de secagem das mesmas. Resultados semelhantes foram encontrados por Motta e Silva (1997), onde a secagem das sementes de trigo embebidas até atingirem a fase antes da emissão visível da radícula obteve resultados negativos.

Os resultados do teste de primeira contagem podem ser visualizados na Figura 21b, onde se verificou redução da percentagem de plântulas normais formadas aos sete dias, independentemente da umidade atingida pelas sementes. Resultados mais drásticos foram encontrados quando as sementes foram submetidas à secagem até atingirem umidade em torno de 13,0%. De acordo com Marcos Filho (2005) as sementes, ao apresentarem teor de água inferior a determinado limite, passam a apresentar reações de autooxidação de lipídios, desencadeando a formação e atuação de radicais livres, promovendo descontrolo do metabolismo e das trocas de água e solutos entre a célula e o meio exterior (Woodstock, 1988), responsáveis pela deterioração das sementes e perda de vigor.

Esses dados evidenciaram que a velocidade de germinação das sementes de arroz desta cultivar é altamente afetada com a secagem após o condicionamento de pré-germinação, diferentemente do observado no teste de germinação, no qual houve pequena redução do poder de germinação das sementes. Isto porque a germinação é a última característica a ser perdida pelas sementes, que inicia pela desorganização dos sistemas de membranas

Além das membranas celulares, durante a secagem, tonoplastos e plasmodesmos, também perdem sua integridade, deixando de agir como barreira de solutos (Bewley e Black, 1992) de íons (Roberts et al., 1973) e metabólitos voláteis (Khan, 1992), refletindo sobre a qualidade das sementes (Woodstock, 1988).

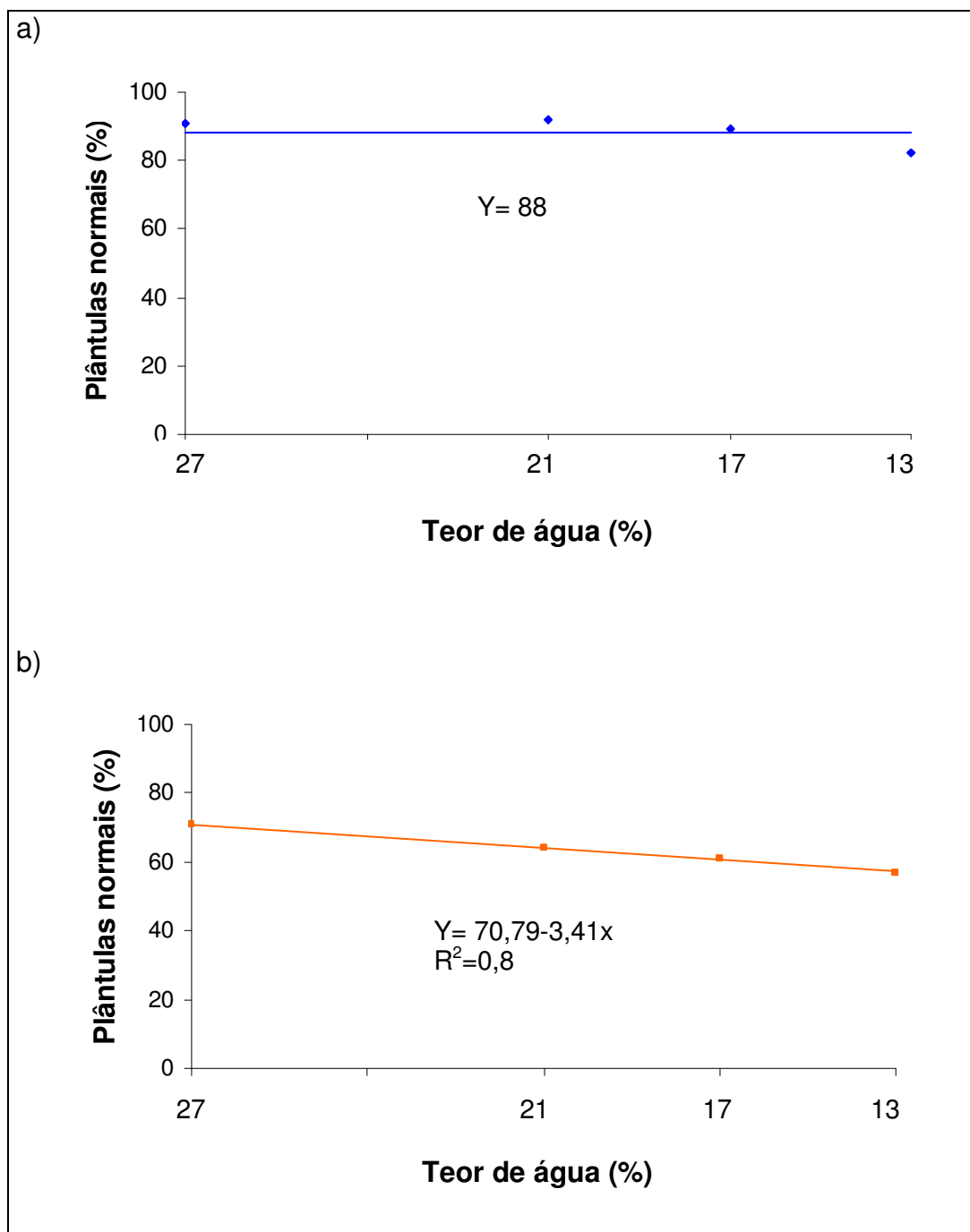


FIGURA 21: Percentagem de plântulas normais no teste de germinação (a) e primeira contagem (b) em sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera, submetidas a 8 h de imersão e 24h de incubação, e submetidas à secagem. Santa Maria – RS, 2005.

Os resultados da avaliação das plântulas de arroz provenientes de sementes submetidas à secagem após a pré-germinação, encontram-se na Figura 22. Em relação ao comprimento das plântulas (Figura 22a), embora sem ajuste de equação, houve acréscimos com a redução da umidade. Esses dados revelam que a secagem até 13,0% é possível quando se avalia comprimento das plântulas e que as vantagens adquiridas na pré-germinação foram mantidas após a retirada de água das sementes, a fim de favorecer a semeadura mecânica.

A partir desses resultados, considerou-se que a possível deterioração de membranas, tonoplastos e plasmodesmos (Bewley e Black, 1992) com lixiviação de solutos, prejudicou inicialmente a velocidade de germinação, contudo não representou obstáculo ao crescimento das plântulas, pois, conforme Motta e Silva (1999), a permeabilidade seletiva perdida com a dessecação, pode ser recuperada, tornando-se estável, após o início da reidratação. Além disso, a menor disponibilidade de água pode favorecer o crescimento sistema radicular.

Na Figura 22a, os dados de massa seca das plântulas após a secagem, indicaram que houve diferença de massa nas plântulas, independentemente da umidade obtida. Entretanto, os valores encontrados na umidade de 17,0% foram equivalentes aos valores iniciais, havendo prejuízos quando as sementes atingem teor de água inferior a 13,0%. Esses dados estão de acordo com os encontrados no comprimento de plântulas, provavelmente, devido às mesmas razões, indicando que a secagem, pode afetar a velocidade de germinação, como observado no teste de primeira contagem, sem, entretanto, refletir nas plântulas formadas.

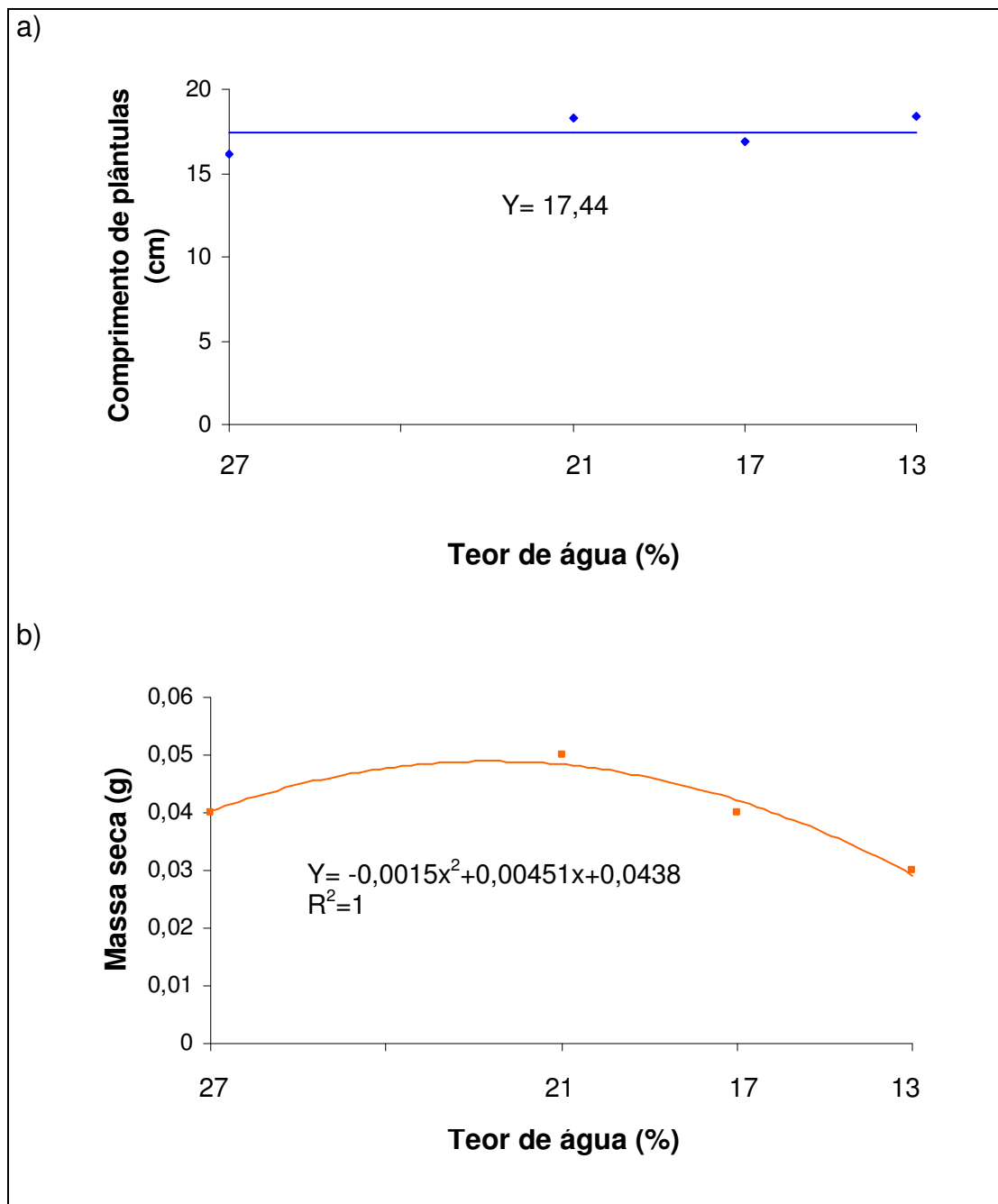


FIGURA 22: Comprimento de plântulas (a) e massa seca de plântulas (b) em sementes de arroz de sequeiro, cv. Primavera, submetidas a 24 h de imersão e 24 h de incubação, e submetidas à secagem. Santa Maria – RS, 2005.

2.3.4. CONCLUSÕES

Os períodos de 8 h de imersão por 16 h de incubação, na temperatura de 25 °C e, 16 h de imersão por 24 h de incubação, na temperatura de 20 °C, são indicados para a pré-germinação de sementes de arroz de sequeiro cv. Primavera.

A secagem das sementes, após a pré-germinação, pode ser realizada até 17,0%, sem prejuízos da qualidade fisiológica, entretanto, a redução do teor de água até 13,0% anula os benefícios do tratamento, prejudicando a germinação e o vigor das sementes.

2.3.5. REFERÊNCIAS

BEWLEY J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. Berlim: SprigVerlag, 1992, v.2, 375 p.

BEWLEY J.D.; BLACK, M. *Seeds-physiology of development and germination*. 2ed. New York: Plenum Press, 1994, 445p.

BEVILAQUA, G.A.P; PESKE, S.T.; BENEDITO FILHO, G.S.; SANTOS, D.S.B. Efeito da embebição-secagem de sementes de cenoura no vigor e potencial de armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas. v.3, n.3, p. 131-138, set/dez. 1997.

BRADFORD. K.J.; KHEN, F.; COOLEY, M.B.; DAHAL, P.;DOWNIE, B.; FUKUNAGA, K.K.; GEE, O.H.; GURUSINGHE, S.; MELLA, R.A.; NONOGAKI, H.; WU, T.; YIM, K.O. Gene expression prior to radicle emergence in imbibed tomato seeds. **In**: BLACK, M.; BRADFOARD, K.J.; VAZQUEZ-RAMOS, J. Seed

biology: advances and applications. Wallingford: CAB International, 2000, p.231-251.

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**, Campinas, v.6, n.2/3, dez., 1996.

BRAY.C.M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. **In:** KIEGEL, J.; GALILI, G. Seed development and germination. New York. Marcel Decker. Inc. 1995. 853 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CANO, E.A.; BOLARIN, M.C.; PEREZ-ALFOCEA, F.; CARO, M. Effects of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. **Journal Horticulturae Science**. v.66, p.621-628, 1991.

CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. **In:** FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Editora Artmed, São Paulo, 2004, 323 p.

FRANCO, F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.; LIVIRA, A.; TAVARES, W. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.50, n.430, p.11-15, jan./fev., 1997.

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

FU, J.R.; LU, X.H.; CHEIN, R.Z.; ZHANG, B.Z.; LIU, Z.S.; LI, Z.S.; CAI, D.Y. Osmoconditioning of peanut (*Arachis hypogea* L.) seeds with PEG to improve

vigour and some biochemical activities. **Seed Science and Technology**, Zurich. v.16, p.197-212, 1988.

HEIDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seed? **Seed Science and Technology**, Zürich, v.3, n.4, p.881-888, 1975.

KHAN, A.A.; ABAWI, G.S.; MAGUIRRE, J.D. Integrating matriconditioning and fungicidal treatment of table beet seed to improve stand establishment and yield. **Crop Science**, Madson. v.32, p.231-237, 1992.

KUNDU, C.; BASU, R.N. Hydration-desydration treatment of stored carrot seed for maintenance of vigour, viability and productivity. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam. v.15, p.117, 125, 1981.

LIMA, S.M.P. Efeitos de tempos e temperaturas de condicionamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.) sob condições ideais de estresse térmico. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.28, n.3, p.505-14, maio/jun., 2004.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, Fealq, 2005, 495p. il.

MARCUS, A.; FEELEY, J. **Activation of protein synthesis in the imbibition phase of seed germination**. Communicated by Sterling B. Hendricks April, 1964.

MARCHEZAN, E.; CAMARGO E.R.; LOPES, S.I.G.; SANTOS, F.M.; MICHELON, S. Desempenho de genótipos de arroz irrigado cultivados no sistema pré-germinado com inundação contínua. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1349-1354, set/out, 2004.

MCDONALD M.B. Seed lot potential – viability, vigor and field performance. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.22, n.3, p.421-425.1994.

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.

MOTTA, C.A.; SILVA, W.R. Desempenho fisiológico e sanidade de sementes de trigo submetidas a tratamentos de hidratação/desidratação. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v.56, n.3, 1999.

POLLOCK, B.M. Vigour of garden bean seeds and seedlings influenced by initial seed moisture, substrate, oxygen and imbibition temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria. v. 51, p.577-584, 1969.

PIIL, W.G. Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality. In: BASRA, A.S. (ed). Seed quality: basic mechanisms and agricultural implication. New York, Food Products Press, 1995. p.319-359.

PINHO, S.Z.; CARVALHO, L.R.; DELACHIAVE, M.E.A. Limit between stages I and II of a seed imbibition curve. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v. 61, n.1, p.17-20, jan./fev. 2004.

ROBERTS, E.H. Loss of viability: ultrastructural and physiological aspects. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.2, p.529-545, 1973.

RATCLIFF, S.L, WILSON-Jr, D.O., KNOTT, E.A e MOHAN, S.K. Free fatty acids in hrunken-2 sweet corn seed. Crop Science. Madson. v.33, n.3, p.871-873, 1993. -

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

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

TAYLOR, A.C. Seed storage, germination and quality. In: WIEN, H.C. (Ed). **The physiological of vegetable crops**. New York, 1997, p.1-36.

TRIGO, M.F.O.O.; TRIGO, F.N. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de berinjela (*Solanum melongena* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.107-113, 1999.

VILLELA, F.A.; MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C. Estado energético da água na semente de milho no processo de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas. v. 25, n.1, p.95-100, 2003.

WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, Leansing, v.12, n.1, p.1-15, 1988.

WIELEWICKI, A.P. e BARROS, A.C.S.A. Temperatura e disponibilidade de oxigênio no crescimento de plântulas de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**. Pelotas, v.24, n.2, p.55-61, 2002.