



UFSM

Tese de Doutorado

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO
SOBRE O DESEMPENHO DE SEMENTES PARA
PRODUÇÃO DE FORRAGEM HIDROPÔNICA**

Teresinha Roversi

PPGA

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO
SOBRE O DESEMPENHO DE SEMENTES PARA
PRODUÇÃO DE FORRAGEM HIDROPÔNICA**

por

Teresinha Roversi

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

PPGA

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**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

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO SOBRE O
DESEMPENHO DE SEMENTES PARA PRODUÇÃO DE
FORRAGEM HIDROPÔNICA**

Elaborada por
Teresinha Roversi

Como requisito parcial para obtenção de grau de
Doutora em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Nilson Lemos de Menezes – UFSM
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Lindolfo Storck – UFSM

Prof. Dr. Osmar Souza dos Santos – UFSM

Prof. Dr. Cleber Cassol Pires - UFSM

Prof. Dr. Francisco Amaral Villela – UFPel

Santa Maria, maio de 2004.

Ofereço

A Deus

Dedico este trabalho

A minha Família,

e especial,

Aos meus pais Claudino e Lídia e aos meus

irmãos Ademir, Aldo e Solici

(...) para se chegar, aonde quer que seja, aprendique
não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso,
antes de mais nada, querer.

Amyr Klink

Agradecimentos

A Deus pelo Dom da vida.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Professor Doutor Nilson Lemos de Menezes pela orientação, paciência, confiança e amizade durante o curso e execução do trabalho.

Ao Professor Doutor Lindolfo Storck pela co-orientação, amizade e auxílio na análise estatística.

Ao Professor Doutor Osmar Souza dos Santos pela co-orientação e amizade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos conhecimentos dispensados durante o curso.

As funcionárias do Laboratório de Análise de Sementes, Terezinha Lúcia Denardin da Silveira e Vera Lúcia da Silva, pela amizade e pelo apoio.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela amizade.

Aos colegas e amigos: Halina Kluch, Moisés Stefanello, Valdecir Haut, Simone Franzin, Josiane Menezes, Cristiane Manzoni, Etiane Strebski, Astor Nied, Luciano Streck, Derblai Casaroli, Leandro Pasqualli, Raquel Stefanello, pela amizade, carinho, incentivo e auxílio em todos os momentos.

Aos estagiários, acadêmicos de Agronomia: Cátia Fernanda Wrasse e Eric Pasqualli Nunes, pelo valioso auxílio prestado durante a condução dos experimentos e especialmente pela amizade.

As queridas amigas, em especial, Leosane, Elena, Sílvia, Melissa, Roberta, Taís, Patrícia, Darciana, Aline, Fernanda, Elis, pela amizade e apoio em todos os momentos.

A Moradia Estudantil de Pós-Graduação, pela acolhida e espaço disponibilizado a moradia.

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

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE APÊNDICES.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES FORRAGEIRAS.....	3
2.2. QUALIDADE E GERMINAÇÃO DE SEMENTES.....	5
2.3. PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES.....	7
2.4. CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES.....	7
2.5. CULTIVO HIDROPÔNICO DE PLANTAS.....	10
2.6. FORRAGEM HIDROPÔNICA.....	11
2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
3. CAPÍTULO I –	
Condicionamento osmótico de sementes de	
aveia preta, milho e milho para a produção	
de forragem hidropônica.	
3.1. RESUMO.....	21
3.2. ABSTRACT.....	23
3.3. INTRODUÇÃO.....	24
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
3.6. CONCLUSÕES.....	43
3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
4. CAPÍTULO II –	
Pré-germinação de sementes de aveia preta,	
milho e milho para a produção de	
forragem hidropônica.	
4.1. RESUMO.....	49
4.2. ABSTRACT.....	51
4.3. INTRODUÇÃO.....	52
4.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.6. CONCLUSÕES.....	82

4.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
APÊNDICE A.....	85
APÊNDICE B.....	86
APÊNDICE C.....	87

5. CAPÍTULO III –

Condicionamento osmótico e pré-germinação de sementes na produção de forragem hidropônica.

5.1. RESUMO.....	88
5.2. ABSTRACT.....	90
5.3. INTRODUÇÃO.....	92
5.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	93
5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	98
5.6. CONCLUSÕES.....	108
5.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1: Germinação de sementes de aveia preta e de milho após condicionamento osmótico. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.....	34
FIGURA 2: Primeira contagem de germinação de sementes de milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.....	36
FIGURA 3: Teste de frio em sementes de aveia preta, milheto e milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.....	38
FIGURA 4: Comprimento de plântulas de sementes de aveia preta, milheto e milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.....	41

CAPÍTULO II

FIGURA 1: Superfícies de respostas de germinação de sementes de aveia preta com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	61
FIGURA 2: Comportamento da germinação em sementes de milheto (2a) e milho (2b) em função do período de embebição, e germinação de sementes de milho (2C) com e sem solução nutritiva independente do período de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	63
FIGURA 3: Superfícies de respostas de sementes de aveia preta na primeira contagem do teste de germinação com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	65

FIGURA 4: Comportamento da primeira contagem para o período de embebição (a) e de incubação (b) em sementes de milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	67
FIGURA 5: Superfícies de respostas na primeira contagem da germinação de sementes de milho com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	69
FIGURA 6: Superfícies de respostas no teste de frio em sementes de aveia preta com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	72
FIGURA 7: Teste de frio em sementes de milho em função do período de embebição (a) e do período de incubação (b). UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	73
FIGURA 8: Curvas de respostas no teste de frio em sementes de milho com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	74
FIGURA 9: Superfície de resposta de comprimento de plântula de aveia preta em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	76
FIGURA 10: Comportamento do comprimento de plântulas originadas de sementes de milho (10a), e de milho em função do período de embebição (10b) e do período de incubação (10c). UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	77

FIGURA 11: Superfícies de respostas de massa seca de plântulas originadas de sementes de aveia preta com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	80
FIGURA 12: Superfície de resposta de massa seca de plântulas originadas de sementes de milho independentemente do uso ou não da solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	81

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1: Teor de água (%) de sementes de aveia preta, milho e milheto após 48 e 72 horas de embebição em solução osmótica PEG 6000. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.....	31
TABELA 2: Médias estimadas dos períodos de embebição em sementes de aveia preta, milho e milheto na solução de polietileno glicol 6000. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.....	33

CAPÍTULO II

TABELA 1: Composição química da solução nutritiva utilizada para pré-germinação de sementes de aveia preta, milho e milheto. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	54
TABELA 2: Teor de água das sementes de aveia preta, milho e milheto após período de embebição em água pura (H ₂ O) e água com solução nutritiva (SN). UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	58
TABELA 3: Médias das variáveis estudadas em aveia preta, milho e milheto, com e sem o uso de solução nutritiva no período de embebição das sementes. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.....	59

CAPÍTULO III

TABELA 1: Descrição dos tratamentos de PG (Pré-Germinação) e CO (Condicionamento Osmótico) utilizadas para a produção de forragem hidropônica.....	95
--	----

TABELA 2: Composição química da solução nutritiva utilizada para produção de forragem hidropônica no outono, UFSM, Santa Maria, RS, 2003.....	96
TABELA 3: Estatura das plantas (cm), de aveia preta, milho e milheto, obtidas no outono, para os tratamentos pré-germinado (PG) e condicionamento osmótico (CO), em diferentes dias após semeadura. UFSM, Santa Maria-RS, 2003.....	99
TABELA 4: Fitomassa fresca e seca e teores de proteína bruta (% da massa seca) de plantas de três espécies forrageiras, em tratamentos, de pré-germinação (PG) e de condicionamento osmótico (CO). UFSM, Santa Maria-RS, 2003.....	102
TABELA 5: Teores médios (g.kg^{-1}) de macro-elementos minerais em aveia preta, milho e milheto para tratamentos de pré-germinação (PG) e de condicionamento osmótico (CO). UFSM, Santa Maria-RS, 2003.....	105
TABELA 6: Teores médios de micro-elementos minerais (mg.kg^{-1}) em aveia preta, milho e milheto em tratamentos de pré-germinação (PG) e de condicionamento osmótico (CO). UFSM, Santa Maria-RS, 2003.....	107

LISTA DE APÊNDICES

CAPÍTULO II

APÊNDICE A

TABELA 4: Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2) em função do período de embebição (X variando entre 12 e 36 h) e período de incubação (Y variando entre 12 e 24 h) de sementes de aveia preta. UFSM, Santa Maria, RS, 2002..... 85

APÊNDICE B

TABELA 5: Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2) do período de embebição (X variando entre 12 e 36 h) e período de incubação (Y variando entre 12 e 24 h) de sementes de milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2002..... 86

APÊNDICE C

TABELA 6: Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2) em função do período de embebição (X variando entre 12 e 36 h) e período de incubação (Y variando entre 12 e 24 h) de sementes de milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2002..... 87

RESUMO
Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO SOBRE O
DESEMPENHO DE SEMENTES PARA PRODUÇÃO DE
FORRAGEM HIDROPÔNICA**

Autora: Teresinha Roversi
Orientador: Nilson Lemos de Menezes
Data e Local de Defesa: Santa Maria, 07 de maio de 2004.

A produção de forragem no sistema hidropônico necessita usar sementes de alta qualidade, no entanto, nem sempre se dispõe de material em quantidade e qualidade exigidas para o sucesso da produção. Visando melhorar o desempenho fisiológico das sementes tem sido recomendados os tratamentos de condicionamento osmótico e pré-germinação, a fim de aumentar a velocidade e uniformidade da germinação e a emergência das plântulas. A falta de informações destes tratamentos em sementes de espécies forrageiras tem dificultado seu uso. O presente trabalho teve por objetivos estabelecer os parâmetros para uso do condicionamento osmótico e pré-germinação das sementes de aveia preta, milho e milho e comparar as melhores condições dos referidos tratamentos para a produção de forragem hidropônica. Conduziram-se três experimentos, sendo que no primeiro as sementes das três espécies foram submetidas aos tratamentos com potenciais de -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2; -1,4 e -1,6 MPa, obtidos em solução com polietileno glicol 6000, por períodos de 48 e 72 horas, para estabelecimento das condições do

condicionamento osmótico. No segundo, as sementes foram imersas em água e em solução nutritiva, por períodos de 12, 24 e 36 horas e incubadas por 12, 18 e 24 horas, para determinar as melhores condições da pré-germinação das mesmas espécies. No terceiro experimento, compararam-se os melhores tratamentos pré-germinativos determinados nas etapas anteriores para a produção de forragem hidropônica, em estufa. Concluiu-se que: a) as melhores condições para o condicionamento osmótico de aveia preta e milho são -0,8 MPa de potencial osmótico por 72 horas de embebição. Para milho as melhores condições são o potencial osmótico de -1,0 MPa por 48 horas; b) As condições mais favoráveis para a pré-germinação das sementes de aveia preta são 24 horas de embebição em solução nutritiva e 18 horas de incubação. Para sementes de milho e milho o melhor período para embebição em água pura são 12 horas, com 12 e 24 horas de incubação, respectivamente; c) O tratamento de pré-germinação produz maior estatura de plantas de aveia preta e milho aos 14 dias, e maior produção de fitomassa fresca, nas três espécies, em relação ao condicionamento osmótico, aos 14 dias após a semeadura. Os tratamentos de pré-germinação e condicionamento osmótico não diferem quanto ao estabelecimento dos teores de macroelementos minerais e de proteína bruta aos 14 dias.

Palavras-chave: condicionamento osmótico, pré-germinação, *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Zea mays*.

ABSTRACT
Tese de Doutorado
Agronomy Post-Graduation Program
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil

EFFECT OF PHYSIOLOGICAL CONDITIONING SEEDS
PERFORMANCE TO PRODUCE HYDROPONIC GRASS

Authora: Teresinha Roversi
Adviser: Nilson Lemos de Menezes
Date and Location for presentation: Santa Maria, May, 07th, 2004

Seeds of high quality are necessary to produce grass in hydroponic system, nevertheless, often seeds have poor quality and are in low amount. The physiological performance has been improved by the use of pre-germination treatments in osmotic conditioning and pre-germination, to increase speed and uniformity of seed germination. There is lack of information about these treatments enough concerning grass crops. This work had as objective to establish parameters of osmotic conditioning and pre-germination use on black oat, millet and corn seeds and to compare the better conditions of these treatments to produce hydroponic grass. Three experiments were conducted, in the first, the seeds were subjected to treatments with potentials of -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2; -1,4 and -1,6 MPa, obtained in solution with polyethylene glycol 6000, in periods of 48 and 72 hours, to establish osmotic conditioning conditions. In the second, the seeds were placed into water and in nutritious solution, in periods of 12, 24 and 36 hours and incubated for 12, 18 and 24 hours, to determine the best conditions of pre-germination of these crops. In the third experiment were compared the better treatments determinate in the previous

experiments to produce hydroponic grass in greenhouse. The conclusion is that: a) The best condition for OC of black oat and millet are -0,8 MPa of osmotic potential with 72 hours of imbibition. The best condition for corn are -1,0 MPa of osmotic potential with 48 hours of imbibition; b) The more conditions favorable to seed PG of black oat are 24 hours of imbibition in nutritious solution and 18 hours of incubation. The best period of imbibition in pure water for millet and corn are 12 hours, with 12 and 24 hours of incubation, respectively; c) The pre-germination treatment propicie taller plants of black oats and corn at 14 days, and more production of green mass, in three crops, that osmotic conditioning, at 14 days after sowing. The treatments of pre-germination and osmotic conditioning did not propicie difference of macro elements and brut protein in plants at 14 days.

Key-words: osmotic conditioning, pre-germination, *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Zea mays*

1. INTRODUÇÃO

O uso de sementes de alta qualidade é fundamental para uma elevada germinação e emergência uniforme das plântulas, quando da implantação das culturas. A qualidade das sementes envolve o potencial genético para altos rendimentos, a sua adaptação ao meio em que vai ser semeada, a sanidade, uniformidade, pureza física, poder germinativo e vigor.

O período compreendido entre a semeadura e o estabelecimento da planta é uma fase crítica no ciclo de produção de uma cultura. A porcentagem de germinação e a uniformidade podem ter forte impacto sobre a produtividade e a qualidade final do produto. Visando minimizar problemas na germinação, muitos trabalhos sobre tratamentos de pré-semeadura, têm sido conduzidos abordando os mais variados aspectos do problema.

A pré-germinação das sementes tem sido um dos tratamentos utilizados para diminuir os problemas que prejudicam a germinação. Esse tratamento consiste em acelerar o processo de germinação, através da embebição em água e da incubação das sementes por um período de tempo, ou até a emissão do coleóptilo e da raiz primária, a qual não deve ultrapassar 2 a 3mm, para não ser danificada na semeadura.

Outro tratamento pré-germinativo promissor é o condicionamento osmótico, que consiste numa pré-embebição em solução de potencial osmótico conhecido, por horas ou durante dias, permitindo assim a

ocorrência das fases iniciais do processo de germinação sem atingir a fase de alongamento celular e a emergência da raiz primária.

No condicionamento osmótico, as sementes hidratam-se lentamente, o que permite maior tempo para a reparação ou reorganização das membranas, possibilitando aos tecidos se desenvolverem de maneira mais ordenada, com menores riscos de danos ao eixo embrionário causados por embebição rápida. Esta técnica tem demonstrado ser uma alternativa promissora para o tratamento de sementes de espécies usadas para produção de forragem hidropônica.

A forragem hidropônica vem sendo utilizada como fonte alternativa de alimentos para pequenos e grandes animais, devido à escassez de pastos de boa qualidade nas épocas de entre safra e estiagem, e do alto custo de rações comerciais. Daí surgiu a necessidade de se produzir uma forragem de alto valor nutritivo em um curto período de tempo, para auto-sustentação e sobrevivência dos animais.

O presente trabalho teve como objetivo determinar as melhores condições de condicionamento osmótico e de pré-germinação para sementes de aveia preta, milho e milho e comparar os melhores tratamentos pré-germinativos para a produção de forragem hidropônica nas três espécies.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES FORRAGEIRAS

A aveia preta teve sua origem na Europa e hoje está adaptada a regiões temperadas e subtropicais, sendo seus maiores produtores a Rússia e os Estados Unidos da América.

No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul destaca-se como sendo o maior produtor de aveia preta, seguido pelo Paraná e Santa Catarina (Mundstock, 1983).

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) é uma forrageira de inverno de grande importância econômica, sendo uma das mais cultivadas no Rio Grande do Sul, juntamente com o azevém. É uma gramínea anual cerealífera que possui folhas estreitas e compridas, colmos macios e suculentos, sistema radicular fasciculado bem desenvolvido e porte médio de um metro de altura.

Adapta-se bem a temperaturas baixas e comporta-se melhor em terrenos argilo-arenosos, com presença de matéria orgânica e pH acima de 5,5. Responde bem a adubações químicas e orgânicas.

A aveia preta é uma planta rica em proteína, cálcio e fósforo, essencial para os rebanhos leiteiros, o que a coloca em condições de substituir com vantagens, por exemplo, o capim elefante, normalmente utilizado na alimentação animal no “período de seca” (Floss, 1988).

O milheto ou pasto-italiano (*Pennisetum glaucum* L.) é uma gramínea forrageira anual de estação quente, nativa da África e, possivelmente, também da Ásia (Araújo, 1978), onde é cultivada para alimentação humana. Foi introduzida no Rio Grande do Sul através da

Estação Zootécnica de Montenegro, em 1929, como importante gramínea forrageira para a formação de pastagens (Araújo, 1978).

Essa forrageira de clima tropical possui hábito ereto, porte alto atingindo até três metros de altura, lâminas foliares largas e longas com desenvolvimento uniforme e bom perfilhamento, apresenta boa palatabilidade, rusticidade e digestibilidade. É uma planta que se adapta bem a vários tipos de solos, apresentando boa persistência em solos de baixa fertilidade e déficit hídrico, não resistindo a geadas e solos encharcados (Kichel & Miranda, 2000). Além disso, é recomendada para a produção de palha e cobertura do solo nos sistema de plantio direto e para alimentação animal. Pode ser utilizada como forrageira de verão em pastejo direto, para corte, feno, silagem e colheita de grãos, para ser usada na composição de rações, sendo utilizada tanto para bovinocultura de corte como de leite (Alcantara & Bufarah, 1986; Salton & Kichel, 1997), sendo capaz de estabelecer altos níveis de produtividade animal (Araújo, 1978).

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais espécies utilizadas no mundo, visto que anualmente são cultivados cerca de 140 milhões de hectares, os quais contribuem para a produção de aproximadamente 610 milhões de toneladas de grãos.

O milho é uma gramínea anual, considerada como uma das mais eficientes na conversão de energia radiante e, conseqüentemente, na produção de biomassa.

Muitas lavouras de milho são destinadas à produção de forragem e a silagem para a alimentação de bovinos, apresentando-se como boa alternativa durante o período de inverno, e a silagem de

milho é a que apresenta maior valor nutritivo. O uso da silagem, além de resultar em melhor desempenho dos animais, reduz o gasto de alimentação com concentrados.

Seu uso como forrageira, para silagem, tem sido incrementado à medida que se aumentaram a eficiência e a competitividade dos sistemas de produção de leite, o que tem levado os produtores ao emprego de cultivares geneticamente mais uniformes e altamente produtivas (Lorenzoni *et al.*, 1986; Valente, 1977 e 1991).

A cultura do milho no Brasil apresenta uma forte dispersão geográfica, sendo produzida, praticamente em todo o território nacional. Existem grandes variações nas formas de produção, determinadas por condições diferentes de clima, solo e tecnologia.

2.2. QUALIDADE E GERMINAÇÃO DE SEMENTES

O uso de sementes de alta qualidade é fator de acréscimo na produtividade e pode afetar diretamente a produção de forragem, de grãos ou sementes.

A disponibilidade de água para a hidratação da semente é o fator ambiental mais importante para a germinação. A quantidade e a velocidade com que a semente alcança o teor mínimo de água para a germinação varia com a espécie, devido principalmente as diferentes características estruturais das sementes (Bunch & Delouche, 1969). Outro fator que afeta a embebição é o gradiente de potencial hídrico existente entre a semente e o meio externo.

No processo de germinação das sementes, a primeira etapa na seqüência de eventos que culminam com a retomada do crescimento

do embrião (emissão da raiz primária), é a embebição, um tipo de difusão, que ocorre quando as sementes absorvem água. Todas as sementes – exceto as dotadas de tegumento impermeável reidratam-se quando expostas à água. A absorção de água dá início a uma série de processos físicos, fisiológicos e bioquímicos no interior da semente, os quais, na ausência de outro fator limitante, resultam na emergência da plântula (Popinigis, 1985).

Vários fatores podem limitar a embebição: entre eles, a composição e permeabilidade do tegumento, disponibilidade de água no ambiente, área de contato substrato-semente, temperatura, pressão hidrostática e condição fisiológica da semente (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989; Mian & Nafziger, 1994). Contudo, a disponibilidade e a velocidade de entrada de água para a semente são determinados pela diferença de potencial hídrico entre a semente e o substrato.

A germinação, caracterizada como um processo irreversível, é um dos estádios mais críticos durante o ciclo da vida da planta. Estudos, durante a fase de germinação, são conduzidos preferencialmente em condições controladas de laboratório, onde as bases fisiológicas podem ser avaliadas satisfatoriamente como um pré-requisito para condições de campo. A percentagem de germinação como medida de qualidade de semente é um fator importante na implantação das culturas. Porém, em sementes de espécies forrageiras nem sempre se obtém quantidade e qualidade de sementes satisfatórias.

2.3. PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES

A pré-germinação das sementes consiste em acelerar o processo de germinação através da embebição pela imersão em água, acondicionadas em sacos, baldes ou em tanques. Passado este período de embebição, as sementes são retiradas da imersão e colocadas espalhadas à sombra para incubar por um mesmo período de tempo, ou até a emissão do coleóptilo e da raiz primária (Ramos *et al.*, 1985).

Em sementes de arroz, Franco *et al.* (1995) verificaram que o aumento no período de embebição ou imersão das sementes determina uma redução no período de incubação e que cultivares diferentes apresentam comportamento diferenciado. Períodos longos de embebição podem favorecer a formação de plântulas anormais ou pouco vigorosas, além do aparecimento de odor com características de putrefação devido à diminuição da concentração de O₂ presente nas sementes.

2.4. CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES

O condicionamento osmótico, proposto por Heydecker & Gibbins (1978), consiste em preparar as sementes para uma rápida e uniforme germinação. Baseia-se em promover uma embebição em condições estritamente controladas, em soluções de potencial osmótico conhecido, temperatura adequada e com suficiente aeração.

O potencial osmótico da solução regula a hidratação das sementes, permitindo a ativação dos processos metabólicos das fases iniciais da germinação, mas sem que ocorra a emissão da raiz primária (Bradford, 1986; Khan, 1992). A limitação de água durante a pré-

embebição, e posterior secagem, pode amenizar danos de embebição (Lin & Ferrari, 1992). Essa limitação de água ocasiona a continuidade do metabolismo sem permitir, entretanto, a protrusão da raiz primária.

As soluções utilizadas para o condicionamento osmótico são o Manitol, o Glicerol, o Cloreto de sódio (NaCl), o Nitrato de potássio (KNO₃) e o Sulfato de magnésio (MgSO₄), porém o soluto mais utilizado é o Polietileno Glicol (PEG), que é encontrado com pesos moleculares de 4000, 6000, 8000, e 12000, sendo o 6000 o mais utilizado. Constitui-se num polímero de elevado peso molecular, não tóxico, não penetrando nas células (Doni Filho, 1992).

O condicionamento osmótico tem sido uma alternativa para se obter uniformidade e aceleração da germinação das sementes (Simak, 1976). Além disso, constitui uma alternativa viável para favorecer o desempenho das sementes sob condições adversas no campo, principalmente em lotes com baixa qualidade fisiológica (McDonald, 1998).

No processo germinativo, potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, podendo, assim, inviabilizar a seqüência de eventos que culminam com a emergência.

Os resultados positivos do condicionamento osmótico, sobretudo em culturas agrícolas, reafirmam seu grande potencial para melhorar o processo de germinação e o vigor das sementes. Sob condições naturais, essa técnica tem proporcionado áreas mais uniformes de cultivo (Heydecker *et al.*, 1973; Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989; Clark & James, 1991). O condicionamento, além de ser utilizado

comercialmente, é um método muito conveniente, especialmente quando se refere ao tratamento de quantidades de sementes de cebola de até 1000kg (Furutani *et al.*, 1986; Bujalski *et al.* 1989).

A água é necessária para que haja a reidratação da semente, que perdeu água por ocasião da maturação e secagem, e assim ocorra o primeiro passo para o processo de germinação (Carvalho & Nakagawa, 2000). Porém, durante a hidratação, as sementes estão sujeitas a sofrer danos devido à desorganização da membrana celular, principalmente quando armazenadas sob condições adversas ou durante períodos mais longos.

Em sementes de milho, submetidas a estresse devido a baixas temperaturas, Gimenez Sampaio *et al.* (1997) obtiveram aumento na percentagem final e na velocidade de germinação, após o condicionamento osmótico.

Em estudos com sementes de cenoura, Gimenez-Sampaio & Sampaio (1998) revelaram que o tratamento efetuado com PEG 6000, na concentração de 200 g.L⁻¹, durante 24 horas, foi eficiente para melhorar a performance das sementes.

Os efeitos do condicionamento osmótico são controvertidos, podendo ser benéficos ou não, dependendo da espécie. Efeitos satisfatórios do condicionamento osmótico já foram constatados não só em sementes de espécies olerícolas (Rosseto *et al.*, 1998; Bruggink *et al.*, 1999; Peluzio *et al.*, 1999; Trigo *et al.*, 1999) como também de algumas grandes culturas, como sorgo e milho (Bodsworth & Bewley, 1981), soja (Tilden & West, 1985; Vasquez, 1995; Del Giudice, 1996; Braccini *et al.*, 1997) e trigo (Nath *et al.*, 1991).

O condicionamento osmótico tem sido considerado um tratamento promissor, contudo, o uso desta técnica em escala comercial depende não só do estabelecimento de metodologias específicas para a espécie, como também da realização de estudos envolvendo lotes com níveis distintos de qualidade fisiológica já que a resposta ao tratamento depende, dentre outros fatores, do nível de vigor das sementes. Alguns trabalhos têm demonstrado que o condicionamento tem melhor efeito em lotes de sementes de médio e baixo vigor (Heydecker *et al.*, 1975; Heydecker & Gibbins, 1978).

2.5. CULTIVO HIDROPÔNICO DE PLANTAS

A maioria das plantas tem o solo como meio natural para desenvolvimento das raízes, encontrando nele o seu suporte, fonte de água, ar e minerais necessários para sua nutrição e crescimento. As técnicas de cultivo sem solo substituem este meio natural por outro substrato natural ou artificial, sólido ou líquido, que possa proporcionar à planta aquilo que, de forma natural, ela encontra no solo.

A hidroponia consiste numa técnica de cultivar plantas em meio líquido, rico em sais minerais. Portanto uma das alternativas de cultivo sem solo.

A hidroponia pode ser utilizada para a produção de culturas como tomate, pimentão, moranguinho, brotos vegetais e forragens para alimentação animal. Nesse sentido, Douglas (1987) refere-se ao uso de unidades hidropônicas para produção de capim e ervas para

animais domésticos (coelhos, cobaias, burros e cavalos) as quais poderiam ser instaladas nos estábulos junto aos animais.

2.6.FORRAGEM HIDROPÔNICA

O cultivo de forrageiras pelo método hidropônico possibilita ao produtor, de forma prática, econômica e barata, a produção de gramíneas ou leguminosas para pasto (o ano todo) na forma de plantas, de grande valor protéico e energético.

A quantidade de volumoso produzida em um metro quadrado, varia de 25 a 30 quilogramas, quantidade suficiente para suprir as necessidades diárias de um animal, que deve ser complementada com suplemento mineral.

Depois de obtido o tamanho desejado da forragem, ela é fornecida na forma fresca contendo, talos, folhas, algumas sementes não germinadas, raízes e os resíduos de sementes germinadas, obtendo-se uma forragem tenra, com alto valor protéico e muito palatável.

As forragens hidropônicas destacam-se por terem como principais vantagens, a eliminação do uso de defensivos agrícolas, ciclo de produção mais rápido, independência das mudanças nas condições climáticas ao longo do ano, maior produtividade por unidade de área, redução da mão-de-obra, redução das tarefas inerentes à produção e conservação de forragens (silagem, fenação), economia e melhor aproveitamento dos fertilizantes, liberação de área para uso com outras culturas, uso de diferentes espécies vegetais,

melhor qualidade nutricional do produto final e maior produtividade do rebanho (Santos *et al.*, 2000).

Com relação a sistemas de produção de forragem hidropônica, Benavides (1997) sugere um modelo de estufa com bandejas contendo sementes pré-germinadas de cevada, onde as colheitas são efetuadas a cada sete dias. Obtêm-se conversão média de 1:5 até 1:12 da quantidade de semente utilizada para a quantidade de forragem produzida.

Recentemente, foi apresentado um sistema similar de produção de forragem hidropônica de milho, que pode ser utilizado a céu aberto, em regiões secas ou em épocas de seca, no qual o substrato utilizado foi bagaço de cana picado. A produção de forragem, aos 30-35 dias após a germinação, atinge cerca de 25 kg.m^{-2} , com cerca de 9,5% de proteína. O sistema, também, pode ser adaptado para uso em estufa, a fim de evitar danos causados por eventuais chuvas, (Neves, 2001).

2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1986. 162p.

ARAÚJO, A.A. **Forrageiras para ceifa: capineiras, pastagens, fenação e ensilagem**. Porto Alegre: Sulina, 1978. 176p.

BENAVIDES, E.V. Producción de forragem verde hidropônico. In:____. **Hidroponia comercial una buena opción em agronegócios**. Lima: Universidad Nacional Agrária La Molina, 1997. p.91-99.

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

BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; SEDIYAMA, T.; ROCHA, V.S. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.1, p.71-79, 1997.

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

BRUGGINK, G.T.; OOMS, J.J.J.; VAN der TOORN, P. Induction of longevity in primed seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v.9, n.1, p.49-53, 1999.

BUJALSKI, W.; NIENOW, A.W.; GRAY, D. Establishing the large scale osmotic priming of onion seeds by using enriched air. **Annals of Applied Biology**, Warwickshire, v.115, p.171-176, 1989.

BUNCH, H.D.; DELOUCHE, L.C. Absorption of water by seeds. **Proceedings Association Official Seed Analysis**, Las Cruces, v.499, p.142-150, 1969.

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

CLARK, N.A.; JAMES, P.E. The effects of priming and accelerated ageing upon the nuclei acid content of leek seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v.42, p.261-268, 1991.

DEL GIÚDICE, M.P. **Condicionamento fisiológico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1996. 130f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

DONI FILHO, L. **Efeito do condicionamento fisiológico no comportamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)** 1992. 85f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba: 1992.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia: cultura sem terra.** São Paulo: Nobel, 1987. 141p.

FLOSS, E.L. Aveia. In: BAIER, E.L., FLOSS, E.L.; AUDE, M.I.S. **As lavouras de inverno.** Rio de Janeiro: Globo, 1988. p.16-74.

FRANCO, D.F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.B.; OLIVEIRA, A. Estudo preliminar das condições de pré germinação em arroz e qualidade de sementes. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: 1995. p.286-288.

FURUTANI, S.C.; ZANDSTRA, B.H.; PRICE, H.C. The effects of osmotic solute composition and duration and temperature of priming on anion seed germination. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.14, p.545-551, 1986.

GIMENEZ SAMPAIO, T.; SAMPAIO, N.V.; VAZ DE SOUZA, R.H. Incremento na taxa e velocidade de germinação e emergência sob baixas temperaturas, de sementes de milho (*Zea mays* L.) submetidas ao pré-condicionamento osmótico. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.2, n.1, p.20-27, 1997.

GIMENEZ-SAMPAIO, T.; SAMPAIO, N.V. Viabilidade, vigor e armazenamento de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) submetidas ao pré-condicionamento osmótico. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.3, n.1, p.38-45, 1998.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R.L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. **Nature**, London, v.246, p.42-44, 1973.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.3, p.881-888, 1975.

HEYDECKER, W.; GIBBINS, B.M. The priming of seeds. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.83, p.213-223, 1978.

KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Review**, Edinburger, p.131-181, 1992.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.K.B. **Uso de milho como planta forrageira**. Campo Grande: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 2000. 6p. (Gado de corte Divulga, 46).

LIN, S.S.; FERRARI, C.V. Efeito da limitação de água disponível durante a pré-hidratação e posterior secagem sobre a germinação e o vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, p.113-118, 1992.

LORENZONI, C.; GENTINETTA, M.E.; PARENZIN, M.; MOTTO, M.; MAGGIORE, T. An avaluation of maize (*Zea mays* L.) genotypes for silage use in northern Italy. **Genética Agraria**. Roma, v.40, n.1, p.37-46, 1986.

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

McDONALD, M.B. Seed quality assessment. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, p.265-275, 1998.

MIAN, M.A.R.; NAFZIGER, E.D. Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter-wheat. **Crop Science**, Madison, v.34, n.1, p.169-171, 1994.

MUNDSTOCK, K.C. **Cultivos de cereais de estação fria**. Porto Alegre: NBS, 1983. 265p.

NATH, S.; COOLBEAR, S.N.; HAMPTON, J.G. Hydratation-dehydration treatments to protect or repair stored “Karamu” wheat seeds. **Crop Science**, Madison, v.31, p.822-826, 1991.

NEVES, A.L.R.A. **Cultivo de milho hidropônico para alimentação animal**. Viçosa: CPT, 2001. 46p.

PELUZIO, L.E.; SILVA, R.F.; REIS, M.S.; CECON, P.R.; DIAS, D.C.F.S.; PELUZIO, J.B.E. Efeito do condicionamento osmótico na embebição e na germinação de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.21, n.2, p.161-169, 1999.

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

RAMOS, M.G.; ZANINI NETO, J.A.; MOREL, D.A.; NOLDIN, J.A.; MARQUES, L.F.; MIURA, L.; SCHMITT, A.T.; FROSI, J.F.; ALTHOFF, D.A. **Manual de produção do arroz irrigado**. EMPASC/ACARESC: Florianópolis, 1985. 225p.

ROSSETO, C.A.V.; MINAMI, K.; NAKAGAWA, J. Efeito do condicionamento fisiológico de sementes de beterraba na emergência e na produtividade. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.20, n.2, p.350-355, 1998.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.80, p.8-9, 1997.

SANTOS, O.S.; SCHIMIDT, D.; NOGUEIRA FILHO, H.; LONDERO, F.A. **Cultivos sem solo: Hidroponia**. Santa Maria: UFSM/CCR, 2000. 107p. (Caderno Didático, 01).

SIMAK, M. Germination improvement of scots pine seeds from circumpolar region using polyethylene glycol. **Proc. Intern. Symp. On Physiol. Seed Germination**. Japão, p.145-153, 1976.

TILDEN, R.L.; WEST, S.H. Reversal of the effects of aging in soybean seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v.77, p.584-586, 1985.

TRIGO, L.F.N.; NEDEL, J.L.; PESKE, S.T.; BAIER, A.C.; TRIGO, M.F.O.O. Osmocondicionamento de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) com soluções aeradas de polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.145-150, 1999.

VALENTE, J.O. **Produtividade de duas variedades de milho (*Zea mays* L.) e de duas variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e valor nutritivo de suas silagens**. 1977. 76f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1977.

VALENTE, J.O. Introdução. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. (Sete Lagoas, MG). **Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção**. Sete Lagoas, 1991. p.5-7. (EMBRAPA. CNPMS. Circular Técnica, 14).

VASQUEZ, G.H. **Condicionamento fisiológico de sementes de soja: efeitos sobre a germinação, vigor e potencial de armazenamento**. 1995. 139f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.

3. CAPÍTULO I

CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE AVEIA PRETA, MILHETO E MILHO PARA A PRODUÇÃO DE FORRAGEM HIDROPÔNICA

3.1. RESUMO

O condicionamento osmótico tem sido uma alternativa para se obter uniformidade e aceleração da germinação de várias espécies. O objetivo do trabalho foi determinar as condições do condicionamento osmótico que favoreçam o desempenho fisiológico das sementes de aveia preta, milheto e milho para a produção de forragem hidropônica. Utilizaram-se sementes de aveia preta, milheto e milho, provenientes do comércio local de Santa Maria, RS. As sementes foram submetidas a tratamentos de condicionamento osmótico, em soluções preparadas de polietileno glicol 6000 (PEG 6000), com potenciais de -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2; -1,4 e -1,6 MPa, por períodos de 48 e 72 horas. Foram utilizadas caixas plásticas do tipo gerbox onde foram colocadas 500 sementes sobre três folhas de papel germitest e cobertas com uma quarta folha, previamente umedecidas com as respectivas soluções. As sementes permaneceram nesse período em câmara a temperatura constante de 20 °C (aveia preta) e 25 °C (milheto e milho). Decorrido o período de condicionamento, as sementes foram lavadas em água destilada por um minuto. Posteriormente, as sementes foram secas superficialmente e submetidas imediatamente aos testes de germinação e vigor, para a determinação da qualidade fisiológica.

Concluiu-se que as melhores condições para o condicionamento osmótico de sementes de aveia preta e milheto são -0,8 MPa de potencial osmótico por 72 horas de embebição. Para sementes de milho, as melhores condições são o potencial osmótico de -1,0 MPa por 48 horas de embebição. Os resultados evidenciaram também que a partir de -1,0 MPa, quanto menor o potencial osmótico da solução, maior a restrição à absorção de água pelas sementes, para as três espécies estudadas.

Palavras-chave: polietileno glicol, potencial osmótico, tratamento de sementes, *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Zea mays*.

SEEDS OSMOTIC CONDITIONING OF BLACK OAT, MILLET AND CORN TO PRODUCE HYDROPONIC GRASS

3.2. ABSTRACT

Osmoconditioning has been used as an alternative to obtain seedlings faster and a uniform germination in crops. This work had the objective of determine the osmotic conditioning conditions that improve the physiological performance of black oat, millet and corn seeds, to produce hydroponic grass. Were used, seeds of black oat, millet and corn, from Santa Maria, RS. Seeds were subjected to treatment of osmotic conditioning, in solution calculated of polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) with potentials of -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2; -1,4 and 1,6 MPa, for periods of 48 and 72 hours. Were utilized plastic boxes, where 500 seeds were placed on three sheets of paper “germitest” and then enveloped with a fourth sheet, damped with the respective solutions. The seeds remaining during this period in a chamber with constant temperature of 20 °C (black oat) and 25 °C (millet and corn). After conditioning, they were washed in pure water during one minute, than were dried and immediately subjected to germination and vigour tests to determine physiological quality. The results from this work showed that to seeds black oat and millet the best imbibition period was 72 hours and osmotic potential of -0,8 MPa. The best condition for seeds corn are -1,0 MPa of osmotic potential with 48 hours of imbibition. The results also showed that after -1,0 MPa, the lower osmotic potential, higher the restriction of the seeds in absorbing water, on the studied crops.

Key-words: polyethylene glycol, osmotic potential, seeds treatment, *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Zea mays*.

3.3. INTRODUÇÃO

A utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para a instalação e produção das culturas, uma vez que determina a rapidez do seu estabelecimento inicial, se as condições forem favoráveis. No entanto, as sementes de espécies forrageiras ofertadas nem sempre apresentam qualidade elevada e, além disso, faltam informações referentes a sua avaliação e tratamentos pré-germinativos.

A busca de cultivos que apresentem cada vez maior rentabilidade e eficiência produtiva, tais como o cultivo hidropônico, tem determinado o aparecimento de novos tratamentos que antecedem à semeadura, destinados a melhorar a capacidade germinativa das sementes e reduzir o tempo necessário entre a semeadura e a emergência das plântulas. Os tratamentos de pré-germinação podem ser aplicados também na produção de forragem e em qualquer sistema de cultivo.

Devido a períodos de escassez de pasto, a produção de forragem hidropônica surge como uma alternativa ou complemento para a alimentação animal, apresentando como principais vantagens ciclo de produção mais rápido, maior produtividade por unidade de área, melhor qualidade nutricional do produto final, entre outros. Para o seu adequado estabelecimento é conveniente um tratamento de pré-semeadura que uniformize e acelere a germinação. Dentre os tratamentos propostos para este fim, possui destaque o condicionamento osmótico, o qual tem apresentado resultados satisfatórios para diversas espécies olerícolas e ornamentais, porém,

geralmente com sementes pequenas, com poucas informações para espécies forrageiras.

O condicionamento osmótico se baseia na hidratação controlada das sementes até atingir um nível em que a atividade metabólica ainda seja insuficiente para permitir a protrusão da raiz primária.

O objetivo do trabalho foi determinar as condições do condicionamento osmótico que favoreçam o desempenho fisiológico das sementes de aveia preta, milheto e milho para a produção de forragem hidropônica.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes, do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria, no período de maio de 2002 a janeiro de 2003. Foram utilizadas sementes de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e milheto (*Pennisetum glaucum* L.) obtidas no comércio em Santa Maria, RS, e sementes de milho (*Zea mays* L.) cultivar AG 303.

Os teores iniciais de água das sementes de aveia preta, milheto e milho foram 11, 11 e 10% com uma casa decimal, respectivamente, não sendo considerados causas para posteriores variações entre os resultados por serem adequados para a manutenção da qualidade das sementes.

As sementes foram submetidas ao tratamento de condicionamento osmótico, em solução de polietileno glicol 6000 (PEG 6000) com potenciais osmóticos de -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2;

-1,4 e -1,6 MPa, por períodos de embebição de 48 e 72 horas. Os potenciais osmóticos foram obtidos tomando-se por base as recomendações de Villela *et al.* (1991).

Devido à diferença de tamanho das sementes, utilizaram-se recipientes distintos para a condução do teste. Para sementes de aveia preta e milho, foram utilizadas, para cada tratamento, duas caixas plásticas do tipo “gerbox”. Para aveia preta, 500 sementes foram colocadas sobre três folhas de papel germitest e cobertas com uma quarta folha, previamente umedecidas com as soluções, nos respectivos potenciais. Em cada caixa adicionou-se 50 ml da solução de PEG 6000, volume este suficiente para cobrir um terço da estrutura da semente.

Para as sementes de milho, foram utilizadas 1000 sementes colocadas sobre três folhas de papel germitest, cobertas com uma quarta folha previamente umedecidas com as soluções nos potenciais já referidos. Em cada caixa adicionou-se 40ml da solução de PEG 6000.

As sementes de milho num total de 500 sementes foram colocadas em bandejas plásticas de 15cm de largura por 25 cm de comprimento e 5 cm de altura, sobre três folhas de papel germitest e cobertas com uma quarta folha previamente umedecidas com as soluções. Cada bandeja recebeu 200 ml da solução de PEG 6000.

Nas sementes de aveia preta e milho, para inibir o desenvolvimento de microorganismos, durante o condicionamento, aplicou-se Derosal (Carbendazim + Tiram) na dose de 90 ml/100kg de sementes misturada com a solução osmótica previamente preparada.

Para a determinação do grau de umidade, retiraram-se duas amostras de cada espécie de sementes, contendo dois gramas (aveia preta), um grama de (milheto) e cinco gramas de milho, as quais foram colocadas em estufa regulada para $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 24 horas (Brasil, 1992). O restante das sementes, depois de transcorrido o período estipulado para o tratamento, foi retirado das caixas plásticas, lavado em água corrente por aproximadamente um minuto, seco superficialmente e submetido, imediatamente, aos testes de germinação e de vigor.

Teste de germinação

No teste de germinação (TG) foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes (aveia preta e milheto) e quatro repetições de 50 sementes para milho. As sementes foram colocadas em rolo de papel, umedecido com um volume de água destilada 2,5 vezes o peso do papel seco e levadas ao germinador a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (aveia preta) e $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ para sementes de milheto e milho. As avaliações para a aveia preta foram realizadas no quinto e décimo dia após a semeadura, para milheto no terceiro e sétimo dia e milho no quarto e sétimo dia após a semeadura, conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

Primeira contagem

A primeira contagem da germinação (PC) foi realizada em conjunto com o teste de germinação e constou do registro da percentagem de plântulas normais, verificado na contagem realizada

no quinto dia após instalação do teste para a aveia preta, terceiro dia para milho e no quarto dia para o milho.

Teste de frio

O teste de frio, em rolo de papel sem solo (TF), foi realizado utilizando-se quatro repetições de 100 sementes (aveia preta e milho) e de 50 sementes (milho), distribuídas nos rolos umedecidos com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados no interior de sacos plásticos e vedados com fita adesiva, sendo mantidos em câmara regulada a 10°C, durante sete dias. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador à temperatura de 20 °C (aveia preta), e 25 °C (milho e milho), onde permaneceram por cinco dias, a seguir, determinou-se o número de plântulas normais.

Comprimento de plântula

Para a avaliação do comprimento de plântula (CP), quatro repetições de 20 sementes foram colocadas para germinar de modo semelhante ao teste de germinação. Os rolos foram colocados em posição vertical, em germinador regulado a 20 °C (aveia preta) e 25 °C (milho e milho). As sementes foram distribuídas sobre uma linha horizontal traçada no terço superior do papel. A avaliação foi realizada seis dias após o início do teste, tomando-se o comprimento médio de 10 plântulas normais ao acaso em cada repetição. Os resultados foram expressos em milímetros (Vieira & Carvalho, 1994).

Massa seca de plântula

Para a determinação da massa seca (MS), foram utilizadas as plântulas provenientes da medição do comprimento de plântula. As mesmas foram colocadas em sacos de papel para secarem em estufa regulada a ± 65 °C, até atingirem massa constante, a qual ocorreu após 72 horas, obtendo-se assim a massa seca em mg.

Delineamento experimental

Os testes de hipóteses foram realizados utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos em fatorial 2 (períodos de embebição) X 5 (potenciais osmóticos), com quatro repetições, para cada espécie. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão. Na comparação entre médias, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de percentagem foram transformados em arcoseno.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase de embebição observou-se comportamento distinto entre as três espécies estudadas, quanto à absorção de água (Tabela 1). Em todos os tratamentos aplicados, as sementes de aveia preta atingiram maiores teores de água, em relação às demais espécies em cada nível de potencial osmótico. Isso pode ser atribuído ao fato da semente de aveia preta possuir um antécio envolvendo a cariópse. Este envoltório funciona como reservatório retendo água disponível para posterior entrada nas sementes, mas que é computada na determinação da

umidade. Isto diferiu dos demais frutos sementes, cariópses nuas, que apresentaram teores de água menores.

Na análise por espécie, foi possível constatar que tanto a velocidade de embebição quanto o grau de umidade atingido pelas sementes foram decrescendo na medida que foram reduzidos os potenciais osmóticos da solução, demonstrando a efetividade dos tratamentos com PEG 6000 em restringir a absorção de água pelas sementes, como também já havia sido observado por Córdoba (1995), em sementes de eucalyptus, Garcia *et al.* (1998), em sementes de três espécies de gramíneas forrageiras e Moraes & Menezes (2003), em sementes de soja.

O conteúdo de água das sementes entra em equilíbrio com o potencial osmótico da solução, impedindo o avanço do processo de germinação. Segundo Heydecker *et al.* (1973), a solução osmótica inibe a emergência da raiz primária durante a embebição, mas permite suficiente hidratação para a ocorrência dos processos metabólicos.

A protrusão da raiz primária foi observada nos potenciais -0,4 e -0,6 MPa, para as três espécies, fato este indesejado, durante o condicionamento osmótico para os períodos de tempo planejados e por isso, descartaram-se os dois potenciais na seqüência dos testes. A germinação visível ocorreu com teores de água a partir de 40, 34 e 32%, para aveia preta, milho e milho, respectivamente.

O teor de água da semente na retomada do crescimento embrionário é, em geral, similar ao da maturidade fisiológica. Entretanto, ao longo do processo de embebição, o eixo embrionário absorve água em velocidade superior a do tecido de reserva. Desta

forma, diferentes estruturas da semente não apresentam necessariamente concentrações semelhantes de água (Villela & Marcos Filho, 1998).

TABELA 1: Teor de água (%) de sementes de aveia preta, milho e milho após 48 e 72 horas de embebição em solução osmótica PEG 6000. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.

Potencial osmótico (MPa)	Nº de horas de embebição					
	48			72		
	aveia	milheto	milho	aveia	milheto	milho
-0,4	40,1	35,1	33,0	43,4	36,5	35,4
-0,6	40,0	34,0	32,1	42,5	35,4	34,3
-0,8	38,2	33,2	29,4	39,3	33,3	31,4
-1,0	38,1	32,4	29,0	38,1	33,0	31,1
-1,2	37,3	32,3	28,2	37,2	32,4	30,0
-1,4	35,0	32,0	28,0	36,5	32,3	29,0
-1,6	34,1	30,1	26,4	35,4	31,1	28,2

Os resultados observados na Tabela 2 mostram o efeito dos períodos de embebição sobre a germinação das sementes de aveia preta, milheto e milho. Para a aveia preta, 72 horas de embebição permitiu maior germinação, enquanto que para as sementes de milho, ocorreu o inverso e o período de embebição mais favorável para obtenção da maior germinação foi de 48 horas. Esses resultados indicam maior velocidade na degradação e transporte de reservas nas sementes de milho, provavelmente, devido a maior velocidade inicial

de absorção de água que ocorreu no milho por ser uma cariópse nua, sem envoltório protetor. Para as sementes de milho não se observou diferença entre períodos de embebição para a germinação, talvez devido a menor qualidade do lote.

Na Figura 1 são apresentados os dados correspondentes a germinação das sementes de aveia preta e milho em função do condicionamento, com soluções de diferentes potenciais osmóticos.

A germinação inicial das sementes de aveia preta, milho e milho foi de 81, 60 e 98%, respectivamente. Essas sementes representaram os lotes comumente encontrados no comércio local e aceitos por agricultores que produzem grãos ou forragem.

Os resultados obtidos mostraram uma redução na germinação de aveia preta (Figura 1) nos potenciais inferiores a -1,0 MPa. Os dados, no entanto, apresentaram comportamentos que se ajustaram numa equação cúbica.

Para as sementes de milho, o potencial estimado de -0,8 MPa foi o que possibilitou as maiores percentagens de plântulas (Figura 1). À medida que diminuiu o potencial até -1,2 MPa, gradativamente houve o decréscimo de plântulas normais, voltando a aumentar na seqüência. Os potenciais muito negativos restringiram a entrada de água nas sementes, dificultando as atividades metabólicas que suportam o processo germinativo.

TABELA 2: Médias estimadas dos períodos de embebição em sementes de aveia preta, milho e milho na solução de polietileno glicol 6000. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.

Período de embebição (h)	Germinação (%)	Primeira contagem (%)	Teste de frio (%)	Comprimento de plântula (mm/pl)	Massa seca (mg/pl)
————— Aveia preta —————					
48	65 b*	49 b	74 b	149,60 b	50,25 a
72	71 a	57 a	78 a	172,42 a	50,90 a
CV(%)	8,12	12,12	5,28	6,00	8,42
————— Milheto —————					
48	54 a*	52 a	42 b	175,37 b	32,10 a
72	56 a	55 a	49 a	189,87 a	32,95 a
CV (%)	10,02	9,86	10,40	5,57	11,95
————— Milho —————					
48	99 a*	96 a	94 b	313,67 a	808,55 a
72	97 b	94 a	97 a	321,15 a	796,20 a
CV (%)	1,83	3,26	2,69	3,82	5,86

*Médias na coluna não seguida por mesma letra diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

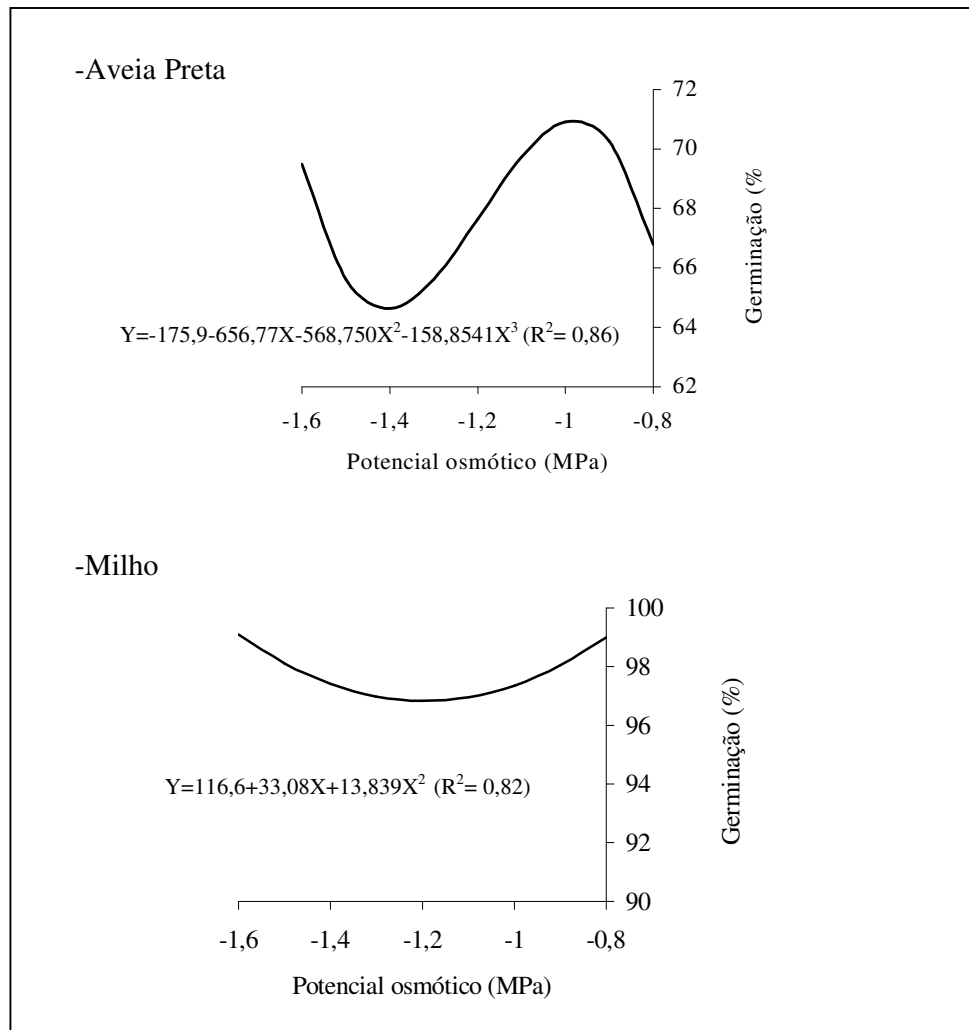


FIGURA 1: Germinação de sementes de aveia preta e de milho após condicionamento osmótico. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.

Esses resultados concordam com os obtidos por Garcia *et al.* (1998), em sementes de *Andropogon gayanus* Hack cv. Planaltina, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* Jacq. Os decréscimos na percentagem de germinação nos níveis mais baixos de

potencial estão relacionados a uma carência de energia para desencadear os processos germinativos, uma vez que a absorção de água se processa de maneira mais lenta (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975).

A redução progressiva do potencial hídrico gera tendências de diminuição na velocidade e na porcentagem de germinação (Machado *et al.*, 1976; Young *et al.*, 1983; Bewley & Black, 1985; Peske & Delouche, 1985; Bradford, 1986), assim como no desenvolvimento inicial de plântulas (Machado *et al.*, 1976; Silva & Marcos Filho, 1990). Isto porque a restrição hídrica atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos, refletindo em efeito prejudicial sobre o vigor da plântula (Sá, 1987).

Na Tabela 2 são apresentados também os dados provenientes do teste de primeira contagem da germinação, aplicado após os diferentes períodos de embebição.

Para as sementes de aveia preta o período de 72 horas de embebição determinou maior vigor, indicado pelo maior número de plântulas normais formado até o quinto dia. Para as sementes de milho e milho, a primeira contagem não diferenciou os períodos de embebição.

Para as sementes de milho, tanto a primeira contagem de germinação como no próprio teste de germinação, os resultados mostraram-se insensíveis para diferenciar os períodos de embebição e os potenciais osmóticos utilizados. Esses resultados podem estar associados a qualidade inicial do lote utilizado.

Para as sementes de milho, a primeira contagem da germinação, independentemente do período de condicionamento (Tabela 2), permitiu maiores percentagens de plântulas normais quando utilizados potenciais entre -0,8 e -1,0 MPa (Figura 2). A menor germinação produzida em potenciais mais baixos foi atribuída à falta de energia para iniciar o processo de germinação, uma vez que essa energia é obtida por incrementos na respiração após embebição.

Quando se utiliza PEG 6000 durante a embebição das sementes, esse reduz a velocidade de hidratação dos tecidos e permite maior tempo para a reorganização das membranas celulares (Woodstock & Tao, 1981).

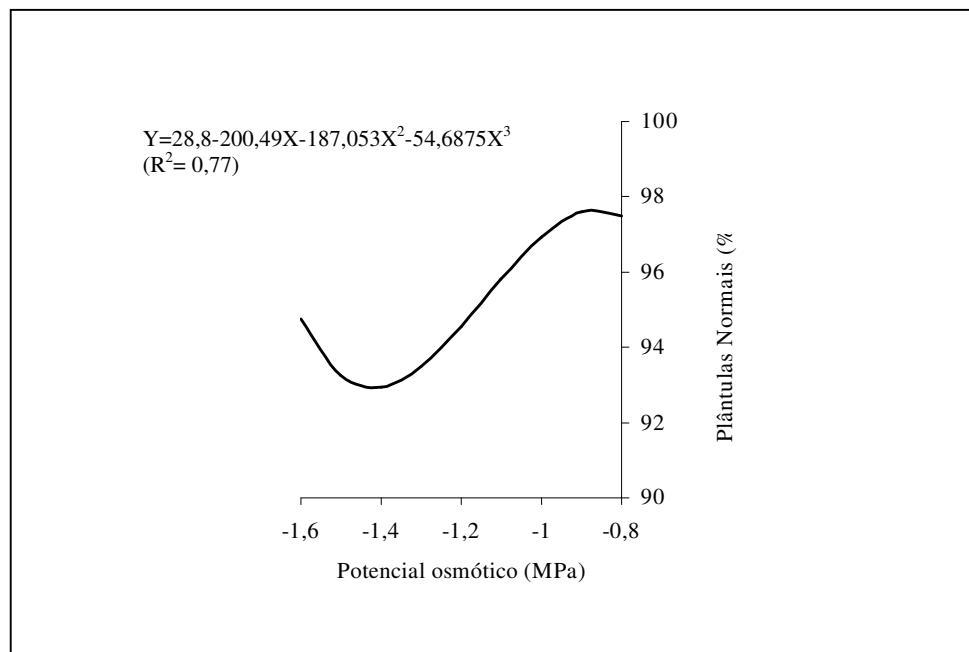


FIGURA 2: Primeira contagem de germinação de sementes de milho.

UFSM, Santa Maria, RS, 2003.

Para uma condição de estresse por frio, verificou-se que tanto para aveia preta, como para milheto e milho, o melhor período de embebição foi de 72 horas, permitindo o desenvolvimento de maior número de plântulas (Tabela 2).

Observou-se para sementes de aveia preta que o melhor potencial utilizado para condicionar as sementes foi de -0,8 MPa, enquanto para milheto e milho o aumento de plântulas normais ocorreu até o potencial osmótico na concentração de -1,0 MPa (Figura 3). Os resultados obtidos com as sementes de aveia preta e milheto apresentaram características ajustadas a uma equação matemática cúbica. Novamente, observou-se diminuição do número de plântulas com o aumento da concentração da solução osmótica.

As sementes de aveia preta apresentaram resultados superiores ao teste de germinação quando submetidas ao teste de frio, possivelmente porque a aveia preta é uma cultura de inverno e as baixas temperaturas, a qual as sementes foram submetidas, favorecerem o desenvolvimento de plântulas.

O teste de frio é considerado pela AOSA (1983) e ISTA (1993), como um dos testes mais importantes na avaliação da qualidade de sementes. Esse teste proporciona condições pouco favoráveis às sementes, simulando situações que possivelmente as sementes encontrarão no campo.

Sementes de milho de alto vigor apresentam desempenho elevado em condições de deficiência hídrica e de frio (Piana & Silva, 1998). A germinação sob estresse hídrico pode ser usada para estimar

o desempenho relativo de lotes de sementes de milho em situações desfavoráveis de disponibilidade hídrica no solo.

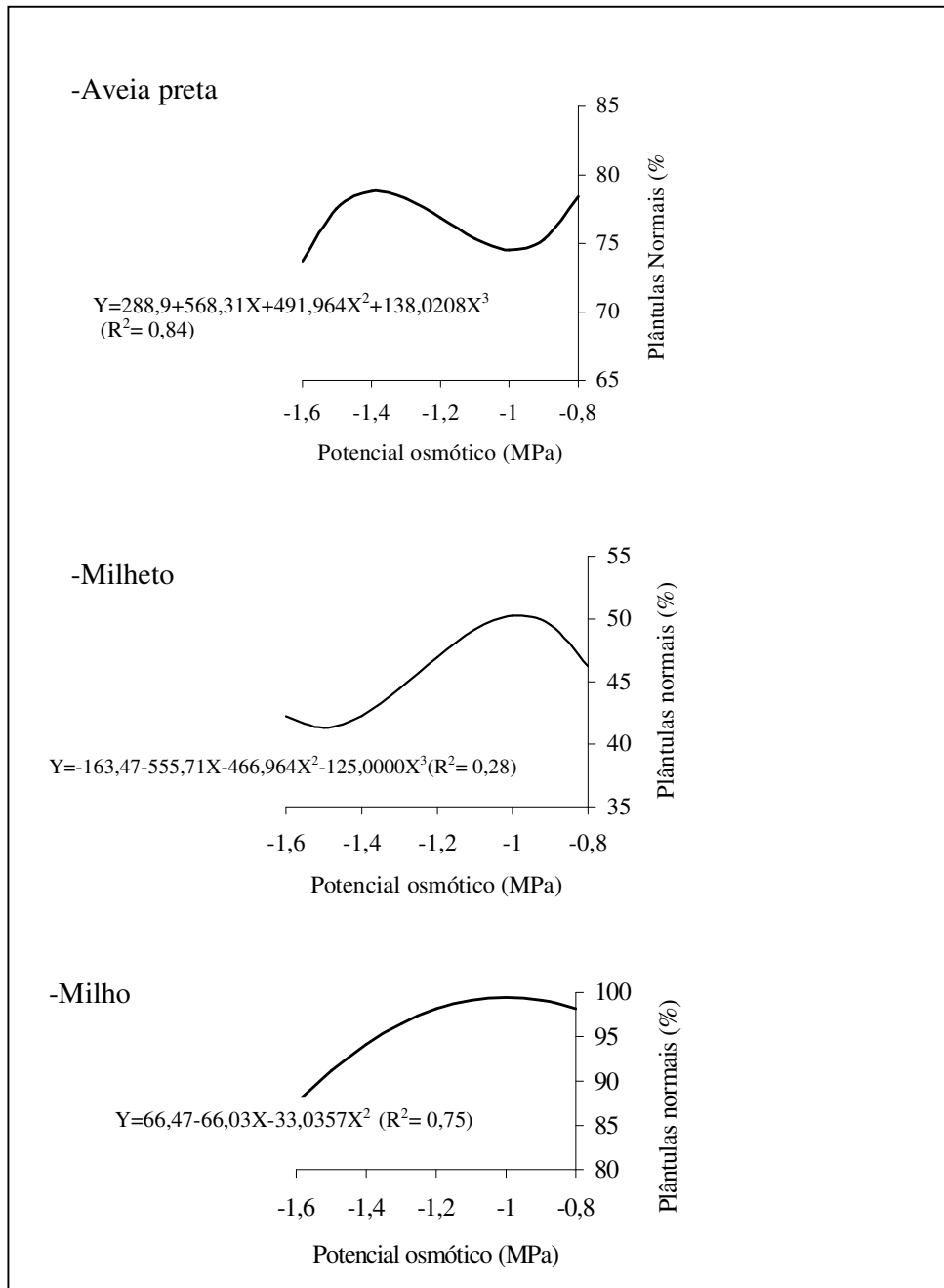


FIGURA 3: Teste de frio em sementes de aveia preta, milheto e milho.

UFSM, Santa Maria, RS, 2003.

O teste de frio por suas características foi mais eficiente na detecção dos efeitos dos tratamentos nas sementes de milho e milheto.

Os dados referentes ao comprimento de plântulas após os períodos de embebição encontram-se na Tabela 2. Observa-se que para aveia preta e milheto houve diferença significativa em função do período de condicionamento com melhores resultados após 72 horas de embebição. Para o milho essa diferença não foi constatada. Esses resultados confirmam a tendência do período de 72 horas de embebição ser mais favorável para aveia preta e milheto. Verificou-se, no entanto, que a diferença observada no comprimento de plântula não interferiu nos resultados da massa seca, já que as mesmas não diferiram quanto aos períodos de embebição testados.

Na Figura 4, observa-se o comprimento de plântulas em função do uso de diferentes concentrações de polietileno glicol. Tanto em plântulas de aveia preta como de milheto, o melhor potencial utilizado no condicionamento das sementes foi de -0,8 MPa (Figura 4). Notou-se, novamente, que os dados relativos ao comprimento de plântulas na cultura da aveia preta ajustaram-se em uma equação matemática cúbica. Os valores mais negativos de potencial osmótico reduziram consideravelmente o comprimento das plântulas. Segundo Marcos Filho (1986), sementes com baixa qualidade fisiológica são mais influenciadas pelo estresse hídrico. Tais efeitos tornam-se mais evidentes no desenvolvimento da parte aérea da plântula. O efeito contrário foi observado em plântulas originadas de sementes de milho, nas quais o comprimento de plântula aumentou gradativamente com o decréscimo do potencial.

O aumento observado no comprimento de plântulas originadas de sementes de milho submetidas ao condicionamento osmótico é explicada pela mobilização de materiais de reserva e pela ativação ou síntese de enzimas durante o período de tratamento osmótico, devido possivelmente à alta qualidade fisiológica das sementes (Figura 4).

Constatou-se que o menor comprimento de plântulas foi mais acentuado quando aumentaram as concentrações de PEG para aveia preta e milho. De acordo com Santos *et al.* (1992) e Paula *et al.* (1994), a restrição hídrica diminui a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos, com isso as plântulas apresentam menor crescimento. Os resultados obtidos estão de acordo com Kraemer (1974), o qual relata que o primeiro efeito mensurável do déficit hídrico é redução do crescimento causada pela diminuição da expansão celular.

De acordo com Dell'Aquila (1992), as mudanças de turgescência das células afetam suas estruturas de membranas e reduzem a síntese de proteínas nos tecidos do embrião. Reduções significativas no comprimento de plântulas utilizando PEG 6000 foram obtidas por Braccini *et al.* (1998) com soja e por Torres *et al.* (1999) com pepino.

Incrementos nas atividades enzimáticas e metabólicas são características comuns durante o condicionamento osmótico e parecem estar relacionados com o revigoramento das sementes durante a germinação subsequente. Como pode ser observado com relação ao milho estudado, pois, por ser o lote de sementes mais vigoroso apresentou melhores respostas ao condicionamento osmótico das sementes.

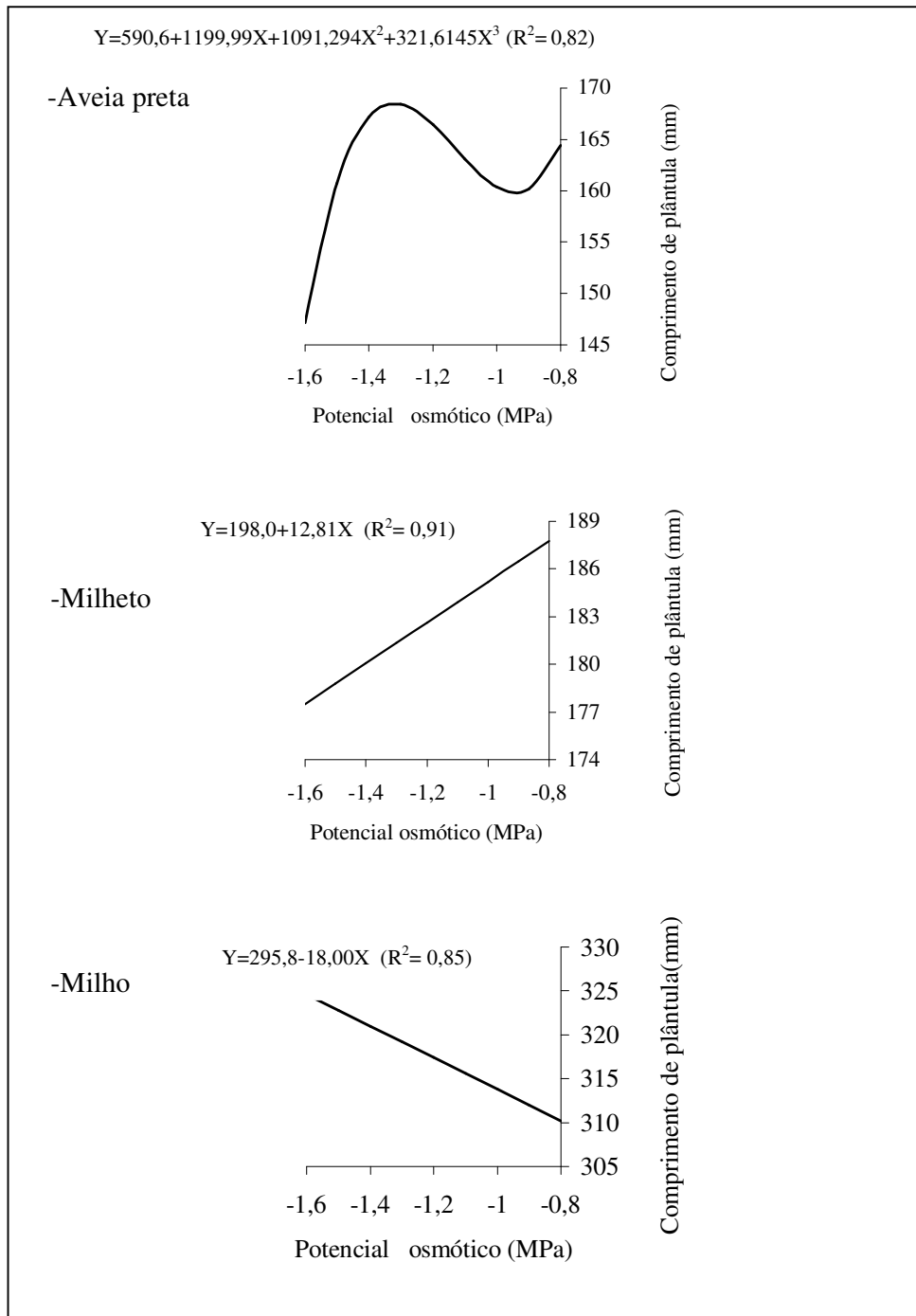


FIGURA 4: Comprimento de plântulas de sementes de aveia preta, milheto e milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2003.

Os testes aplicados apontaram o período de 48 horas como favorável para o condicionamento osmótico para as sementes de milho desde que o potencial não seja inferior a $-1,0\text{MPa}$. Para aveia preta e milho no potencial de $-0,8\text{MPa}$, o período de 72 horas foi requerido para o preparo das sementes.

A progressiva redução na germinação e no vigor (primeira contagem de germinação, teste de frio e comprimento de plântulas), observados na medida em que houve decréscimos no potencial osmótico, foi atribuída à restrição hídrica determinada pelos baixos potenciais, associados ao fato de que o PEG apresenta alta viscosidade em soluções aquosas, que somada à baixa taxa de difusão de O_2 , pode comprometer a disponibilidade de oxigênio para as sementes durante o condicionamento, dificultando posteriormente o desenvolvimento das plântulas.

3.6. CONCLUSÕES

Para a execução do condicionamento osmótico com o uso de soluções de polietileno glicol, das sementes de aveia preta a 20 °C e milheto a 25 °C é indicado o potencial osmótico de -0,8MPa por 72 horas.

Para sementes de milho de alta qualidade, o condicionamento osmótico pode ser executado com potencial osmótico de -1,0MPa, a 25 °C, por 48 horas.

3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing**. 1983. Handbook. 88p. (Contribution, 32).

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1985. 367p.

BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; SEDIYAMA, T.; ROCHA, V.S. Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de semente de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.9, p.1451-1459, 1998.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 1992, 365p.

CORDOBA, G.A.T.; BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; NEVES, J.C.L. Osmocondicionamento, secagem e armazenamento de sementes de *Eucalyptus citriodora* Hook e *Eucalyptus grandis* W. Hill (Ex Maiden). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.1, p.81-95, 1995.

DELL'AQUILA, A. Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under the osmotic stress of polyethylene glycol. **Annals of Botany**, London, n.69, p.167-171, 1992.

GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; ALTUVE, S.M.; ALVARENGA, E.M. Efeito do potencial hídrico na germinação de sementes de três espécies gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.1, p.9-15, 1998.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R.L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. **Nature**, London, v.246, p.42-44, 1973.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. International rules for seed testing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.21, p.1-363, 1993. Supplement.

KRAMER, P.J. Fifty years of progress in water relations research. **Plant Physiology**, Lancaster, v.54, n.4, p.463-471, 1974.

MACHADO, R.C.R.; RENA, A.B.; VIEIRA, C. Efeito da desidratação osmótica na germinação de sementes de vinte cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Ceres**, Viçosa, v.23, n.128, p.310-320, 1976.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1986, Piracicaba, SP. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. 223p.

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

MORAES, G.A.F.; MENEZES, N.L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.219-226, 2003.

PAULA, S.V.; RUIZ, H.A.; MONTOVANI-ALVARENGA, E. Avaliação de plântulas de feijão como critério para seleção de cultivares tolerantes a salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.2, p.220-224, 1994.

PESKE, S.T.; DELOUCHE, J.C. Semeadura de soja em condições de baixa umidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.69-85, 1985.

PIANA, Z.; SILVA, W.R. Respostas de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor, à disponibilidade hídrica. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.9, p.1525-1531, 1998

SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1987. 147f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade De São Paulo, Piracicaba, 1987.

SANTOS, V.L.M.; CALIL, A.C.; RUIZ, H.A. et al. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.2, p.189-194, 1992.

SILVA, W.R.; MARCOS FILHO, J., Avaliação da embebição e do desenvolvimento inicial das estruturas embrionárias de sementes de milho submetidas a diferentes potenciais hídricos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.47, p.335-359, 1990.

TORRES, S.B.; VIEIRA, E.L.; MARCOS FILHO, J. Efeito do estresse salino na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.59-63, 1999.

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

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol

6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

VILLELA, F.A.; MARCOS FILHO, J. Estados energéticos e tipos de água na semente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.317-321, 1998.

WOODSTOCK, L.W.; TAO, K.L.J. Prevention of imbibitions injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.51, p.133-139, 1981.

YOUNG, J.A.; EVANS, R.A.; ROUNDY, B.; CLUFF, G. **Moisture stress and seed germination**. Oakland: USDA/ARS, 1983. 41p. (USDA/ARS. Agricultural Reviews and Manuals. Western Series, 36).

4. CAPÍTULO II

PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE AVEIA PRETA, MILHETO E MILHO PARA A PRODUÇÃO DE FORRAGEM HIDROPÔNICA

4.1. RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo determinar os parâmetros para a pré-germinação de sementes, de três espécies forrageiras, para a produção de forragem hidropônica. Utilizaram-se sementes de aveia preta, milheto e milho. As sementes foram imersas em água pura e em solução nutritiva, em bandejas plásticas contendo 2000 ml do líquido por períodos de 12, 24 e 36 horas, em câmara a temperatura constante de 20 °C, para aveia preta e 25 °C, para milheto e milho. Completado o período de embebição, as sementes foram retiradas da imersão e distribuídas em bandejas plásticas para incubação a mesma temperatura de embebição, permanecendo por períodos de 12, 18 e 24 horas, mantendo-se sempre a umidade das sementes. Ao término do período de incubação, procedeu-se a semeadura das sementes, em rolos de papel germitest, para avaliação da qualidade fisiológica, através dos testes: germinação, primeira contagem, teste de frio, comprimento e massa seca de plântula. As condições mais favoráveis para a pré-germinação das sementes de aveia preta são 24 horas de embebição em solução nutritiva e 18 horas de incubação. Para sementes de milheto e milho o melhor período para embebição em água pura são 12 horas, com 12 e 24 horas de incubação,

respectivamente. Os períodos de embebição associados aos períodos de incubação para cada espécie são favoráveis a pré-germinação de sementes, para produção de forragem hidropônica, independentemente da emissão ou não da raiz primária.

Palavras-chave: Tratamento de sementes, tratamentos pré-germinativos, *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Zea mays*.

SEEDS PRE-GERMINATION OF BLACK OAT, MILLET AND CORN TO PRODUCE HYDROPONIC GRASS

4.2. ABSTRACT

This work had as objective to determine the rules of seed pre-germination, of three grass crops, to produce hydroponic grass. Were used black oat seeds, millet and corn. The seeds were placed into pure water and nutritious solution, in plastics trays with 2000 mL of the liquid for periods of 12, 24 and 36 hours, in chamber with constant temperature of 20 °C for black oat, and 25°C for millet and corn. After this period of imbibition, they were removed from water or nutritious solution and scattered into plastics trays to incubate in the same temperature of imbibition, being subjected the incubation during 12, 18 and 24 hours, seeds were always maintained damp. After finishing incubation, they were sowed on germitest paper to evaluate physiological quality, with the test of: first counting, germination, cold test, length and seedlings dry mass. The conditions more favorable to black oat seeds are 24 hours of imbibition in nutritious solution, and 18 hours of incubation. The best period of incubation, in pure water to seeds of millet and corn, are 12 hours, with 12 e 24 hours of incubation, respectively. The periods of imbibition associated with the periods of incubation for each crop are favorable to seeds pre-germination, to produce hydroponic grass, independent of the emission or not of the first root.

Key-words: Seeds treatment, pre-germinating treatment, *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Zea mays*.

4.3. INTRODUÇÃO

A produção pecuária do Rio Grande do Sul não atinge alta produtividade durante todo o ano por causa da escassez de pastos de boa qualidade. Nos períodos inverniais ocorrem excessos de chuvas, baixas temperaturas e geadas que prejudicam a produção das pastagens. No verão, não raramente, a ocorrência de deficiências hídricas causa fortes danos à produção dos campos nativos. Nessas ocasiões, os produtores recorrem à suplementação da nutrição animal com pastagens artificiais, fenos, silagens e concentrados de alto custo, onerando o valor da produção.

A produção de forragem hidropônica tem sido utilizada com sucesso, em alguns países, para fornecer alimento de alta qualidade protéica e de alta digestibilidade aos animais (bovinos de leite, de corte, eqüinos, ovinos, caprinos, suínos e outros) e de baixo custo.

No Brasil, e mais especificamente no Estado do Rio Grande do Sul, existem poucas informações quanto à capacidade produtiva e a qualidade de forragem hidropônica produzidas.

O período compreendido entre a semeadura e o estabelecimento da planta é uma fase crítica no ciclo de produção de uma cultura. A utilização de semente de boa qualidade reflete na uniformidade e percentagem de germinação, podendo ter forte impacto sobre a produtividade e a qualidade final do produto. Porém, em sementes de espécies forrageiras nem sempre se obtém quantidade e qualidade de sementes satisfatórias. Visando minimizar tais problemas, muitos

trabalhos sobre tratamentos de pré-semeadura têm sido conduzidos abordando os mais variados aspectos do problema.

A pré-germinação é um desses tratamentos e tem demonstrado ser alternativa viável para melhorar o desempenho fisiológico das sementes. Consiste na imersão das sementes em água e posterior incubação até a protrusão da raiz primária, por diferentes períodos de tempo, buscando uniformizar e acelerar o processo de germinação.

O presente trabalho teve por objetivo determinar os períodos de embebição e de incubação, para a pré-germinação de sementes de aveia preta, milheto e milho, para posterior produção de forragem hidropônica.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes e no Laboratório de Hidroponia, ambos do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria – RS, no período de outubro de 2001 a maio de 2002.

Foram utilizadas sementes de três espécies: milho, cultivar AL 25, milheto e aveia preta comum, adquiridas no comércio de Santa Maria, RS.

Pré-germinação

As sementes de aveia preta (*Avena strigosa* Schereb.), milheto (*Pennisetum glaucum* L.) e milho (*Zea mays* L.), foram acondicionadas em sacos de algodão, com capacidade de 1,0 kg para o

milho e 0,5 kg para milho e aveia preta e imersas em água pura e solução nutritiva, em bandejas plásticas contendo 2000 mL do líquido por períodos de 12, 24 e 36 horas para cada espécie. As sementes permaneceram esse período em câmara com temperatura constante, sendo para o milho e milho 25 °C e aveia preta 20 °C. Utilizou-se a solução nutritiva descrita por Neves (2001) e adaptada por Haut (2003), apresentada na Tabela 1.

TABELA 1: Composição química da solução nutritiva utilizada para pré-germinação de sementes de aveia preta, milho e milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Fonte de nutrientes	Quantidade 1000 L de água
Nitrato de Cálcio	410 g
Nitrato de Potássio	360 g
Sulfato de Magnésio	150 g
Monoamôniofosfato (MAP)	90 g
Solução de Micronutrientes	20 ml
Fé-EDTA *	1000 ml
Solução Micronutrientes	Quantidade 5 L de água
Bórax	22,0 g
Sulfato de Zinco	9,5 g
Sulfato de Manganês	5,5 g
Sulfato de Cobre	4,0 g
Molibdato de Sódio	1,5 g

Fonte: Adaptado de NEVES (2001)

* Obtido através da dissolução de 24,1 g de sulfato de ferro em 400 mL de água e 25,1 g de sódio-EDTA em 400 mL de água quente (80 °C), misturando-se as duas soluções frias, completando para 1,0 litro.

Completado o período de embebição, as sementes foram retiradas da imersão e dos sacos de algodão e distribuídas em bandejas plásticas. Imediatamente após, foram extraídas duas amostras de cinco gramas de milho, dois gramas de aveia preta e um grama de milheto para a verificação do teor de água da semente, em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, conforme Brasil (1992). O restante das sementes foi colocado para incubação a mesma temperatura de embebição para cada espécie, permanecendo por período de 12, 18 e 24 horas, mantendo-se as sementes úmidas. Ao término do período de incubação, procedeu-se a semeadura, para se avaliar a qualidade fisiológica através dos testes de germinação e vigor.

Testes para avaliação da qualidade fisiológica das sementes

Teste de Germinação

O teste de germinação seguiu as recomendações das Regras de Análises de Sementes - RAS (Brasil, 1992), para as três espécies: para aveia preta e milheto foram utilizadas em cada tratamento, quatro repetições de 100 sementes e para milho quatro repetições de 50 sementes, em rolo de papel. A quantidade de água adicionada foi o equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. As sementes foram colocadas em germinador regulado à temperatura de 20°C , para sementes de aveia preta e 25°C , para milheto e milho. A primeira e a última contagem da aveia preta foi realizada no quinto e décimo dia após a semeadura; terceiro e sétimo para o milheto e para milho no quarto e sétimo dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em percentagem.

Primeira contagem de germinação

Foi conduzida juntamente com o teste de germinação, computando-se a percentagem de plântulas normais da primeira contagem do referido teste. Os resultados foram expressos em percentagem.

Testes de frio

Foi realizado de acordo com as recomendações de Cícero & Vieira (1994), onde quatro repetições de 100 sementes de cada espécie foram distribuídas em rolos de papel umedecido com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Durante sete dias, os rolos colocados em sacos plásticos, para evitar a perda de umidade, foram mantidos em câmara regulada a 10 °C. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador regulado a temperatura constante de 20 °C para as sementes de aveia preta e 25°C para as sementes de milho e milho. Realizou-se uma contagem única das plântulas normais para as três espécies, no quinto dia e os resultados foram expressos em percentagem.

Comprimento e massa seca de plântula

Utilizaram-se quatro repetições de 20 sementes, que foram semeadas sobre uma linha traçada no terço superior do papel substrato, pré-umedecido. Observou-se para que a radícula ficasse posicionada para a parte inferior do papel. Após seis dias de permanência no germinador, as plântulas normais foram medidas com auxílio de régua milimetrada.

As mesmas plântulas utilizadas para a determinação do comprimento foram colocadas em sacos de papel, separados em repetições de 10 plântulas, e colocadas para secar em estufa a 65 °C, até atingir massa constante. Os resultados foram expressos em cm/plântula e mg/plântula, para o comprimento e a massa seca das plântulas, respectivamente, conforme recomendação Nakagawa (1994).

Análise estatística

O delineamento experimental, para cada espécie, foi o inteiramente casualizado num esquema trifatorial (3 x 3 x 2), sendo três períodos de embebição (12, 24 e 36 horas), três períodos de incubação (12, 18 e 24 horas) e dois tipos de solução (água pura e água com solução nutritiva) com quatro repetições. Os dados obtidos foram interpretados por meio de análise de variância. Para os fatoriais, os efeitos dos períodos de embebição e de incubação foram avaliados por meio de análise de superfície de resposta. As médias obtidas dos tratamentos com e sem solução nutritiva foram comparados entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados expressos em percentagem foram transformados em arcoseno.

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados expostos na Tabela 2, observa-se, para cada espécie, desempenho distinto quanto ao teor de água adquirido durante o período de embebição, porém com valores similares entre as duas soluções num mesmo período.

Em todos os períodos de embebição aplicados às sementes, a aveia preta atingiu maiores teores de água. Este resultado foi atribuído ao fato da semente de aveia preta ser uma cariopse vestida e conter um antécio que envolve a semente, que serviu de reservatório de água para posteriormente entrada na mesma.

TABELA 2: Teor de água das sementes de aveia preta, milho e milho após período de embebição em água pura (H₂O) e água com solução nutritiva (SN). UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Embebição em água e solução nutritiva	Período de embebição (horas)	Teor de água (%)		
		aveia	milheto	milho
SN	12	41	37	32
H ₂ O	12	42	37	33
SN	24	44	39	36
H ₂ O	24	44	40	36
SN	36	46	42	37
H ₂ O	36	45	43	38

Nos resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que houve diferença significativa na germinação quanto ao uso de água pura ou solução nutritiva na embebição das sementes, nas três espécies estudadas.

O uso de solução nutritiva na água de embebição das sementes proporcionou maior percentagem de plântulas originadas de sementes de aveia preta. Porém, em sementes de milheto e milho, o uso de solução nutritiva teve efeito negativo prejudicando o processo inicial

de germinação, verificado pela redução no número de plântulas normais.

TABELA 3: Médias das variáveis estudadas em aveia preta, milho e milho, com e sem o uso de solução nutritiva no período de embebição das sementes. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Solução nutritiva	Germinação (%)	Primeira contagem (%)	Teste de frio (%)	Comprimento de plântula (mm)	Massa seca (mg/planta)
————— Aveia preta —————					
Com	50 a*	41 a	66 a	172,9 a	49,7 a
Sem	44 b	31 b	64 a	157,8 b	49,5 a
CV (%)	15,68	13,73	12,5	9,14	14,03
————— Milheto —————					
Com	32 b*	24 b	26 a	158,9 a	19,6 b
Sem	43 a	36 a	27 a	163,1 a	21,3 a
CV (%)	17,57	20,50	24,85	7,38	13,18
————— Milho —————					
Com	58 b*	52 b	59 b	317,9 b	467,2 b
Sem	78 a	72 a	77 a	330,2 a	524,9 a
CV (%)	11,20	11,45	10,22	4,74	10,40

* Solução com média não seguida por mesma letra diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Na Figura 1 encontram-se os resultados correspondentes à germinação de aveia preta usando água pura e solução nutritiva na embebição das sementes. Observou-se que o maior percentual de plântulas normais, usando solução nutritiva, foi obtido com 18 horas

de embebição e 15 horas de incubação. Usando água pura, os melhores resultados de germinação foram observados com 18 horas de embebição e 18 horas de incubação. Notou-se ainda redução na germinação usando água pura na embebição das sementes de aveia preta.

O fator ambiental mais importante para a germinação da semente é a disponibilidade de água. De acordo com Carvalho & Nakagawa (2000), a água é necessária para que haja a reidratação da semente, que perdeu umidade por ocasião da maturação e secagem, e assim se dê o primeiro passo para o processo de germinação. No entanto, a quantidade e a velocidade com que a semente alcança o teor mínimo de umidade para que a germinação ocorra varia com as espécies.

Segundo Popinigis (1985), a absorção de água dá início a uma série de processos físicos, fisiológicos e bioquímicos no interior da semente, as quais, na ausência de outro fator limitante, resultam na emergência da plântula.

Durante a fase inicial do processo de germinação das sementes, ocorre o reparo metabólico dos componentes celulares e do plasma citoplasmático. As membranas se reorganizam, restabelecendo a permeabilidade seletiva e evitando a exsudação excessiva de eletrólitos (Adbul-Baki, 1980).

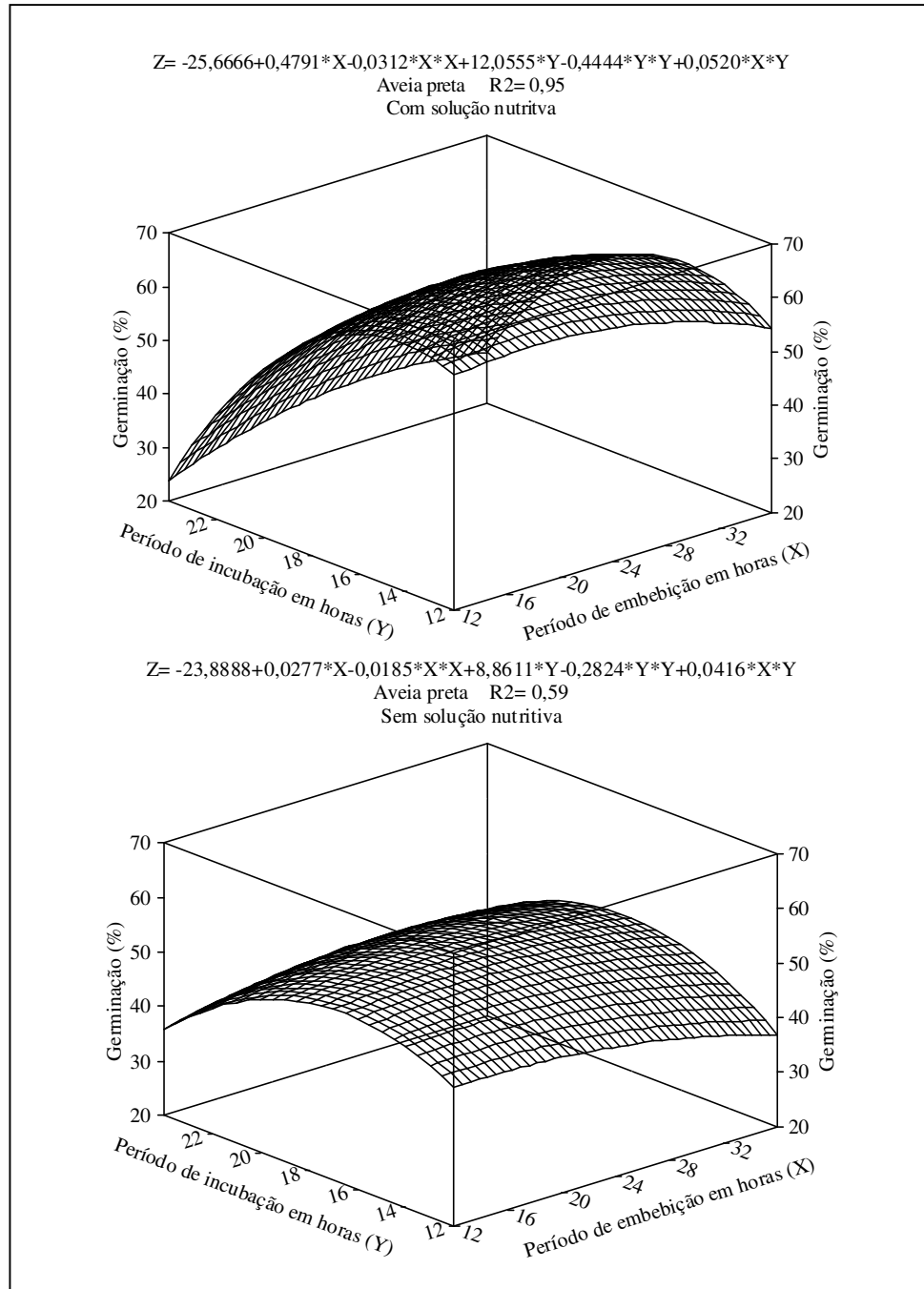


FIGURA 1: Superfícies de respostas de germinação de sementes de aveia preta com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Em todos os períodos de embebição aplicados, as sementes de milho absorveram água mais lentamente que as de milho, e estas, por sua vez, mais lentamente do que a de aveia preta. Essas diferenças podem ser devido às características estruturais das sementes (Bunch & Delouche, 1969).

O efeito da solução nutritiva no processo inicial da germinação das sementes de aveia preta pode ser explicado pelo fato da solução possuir nutrientes que provavelmente favoreceram a intensa atividade metabólica na fase inicial, proporcionando maior mobilização das reservas, permitindo assim a ocorrência de maior percentual de plântulas normais. No entanto, em sementes de milho e milho a solução nutritiva mostrou-se desfavorável ao desenvolvimento inicial de plântulas. Para as sementes de milho e de milho (Figura 2), independentemente do período de incubação, o melhor período de embebição foi de 12 horas. O aumento no período de embebição diminuiu significativamente a percentagem de germinação das sementes. Possivelmente, devido a embebição das sementes ser muito rápida num primeiro momento nestas espécies, a solução nutritiva pode ter causado desestruturação das membranas celulares, devido à sua composição química, acarretando danos prejudiciais ao desenvolvimento de plântulas normais.

O tempo de hidratação e de incubação é dependente da cultivar e da temperatura ambiente. De acordo com Franco *et al.* (1995), esse efeito foi verificado na cultura do arroz, na qual cada cultivar apresentou desempenho distinto quanto ao período de hidratação e de incubação, em diferentes temperaturas estudadas.

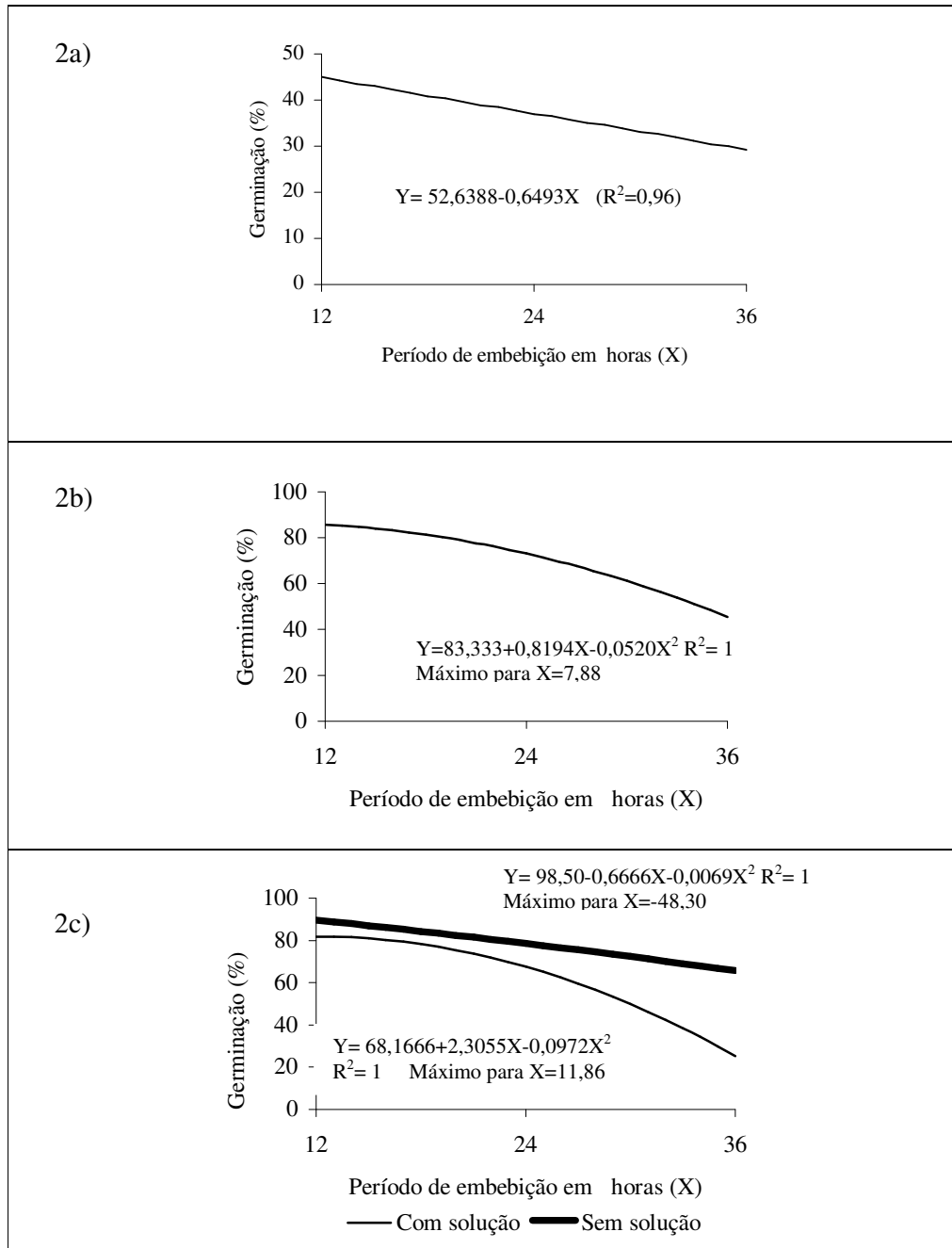


FIGURA 2: Comportamento da germinação em sementes de milho (2a) e milho (2b) em função do período de embebição, e germinação de sementes de milho (2c) com e sem solução nutritiva independentemente do período de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Pouco se sabe a respeito da preparação das sementes com pré-germinação para posterior semeadura na produção de forragem hidropônica. Contudo, a pré-germinação das sementes acelera o processo natural de germinação, preparando as sementes para a semeadura. Essa preparação tem demonstrando ser uma alternativa para melhorar a qualidade fisiológica das sementes. Em sementes de arroz, Franco *et al.* (1995) verificaram ainda que, na medida que aumenta o período de embebição ou imersão das sementes, há redução no período de incubação.

Na primeira contagem do teste de germinação, observou-se a mesma tendência quanto ao uso de água pura ou solução nutritiva verificada no teste de germinação para as três espécies.

De modo similar ao que ocorreu no teste de germinação, o uso de solução nutritiva proporcionou aumento do número de plântulas normais originadas de sementes de aveia preta e decréscimo nas sementes de milho e milho (Tabela 3).

Na Figura 3 são apresentados os resultados da primeira contagem do teste de germinação, com solução nutritiva e água pura, de sementes de aveia preta. Usando solução nutritiva, o melhor período de embebição foi 18 horas com 15 horas de incubação, aproximadamente. Usando apenas água, o melhor período de embebição para milho foi 12 horas com 24 horas de incubação, porém com menor número de plântulas normais.

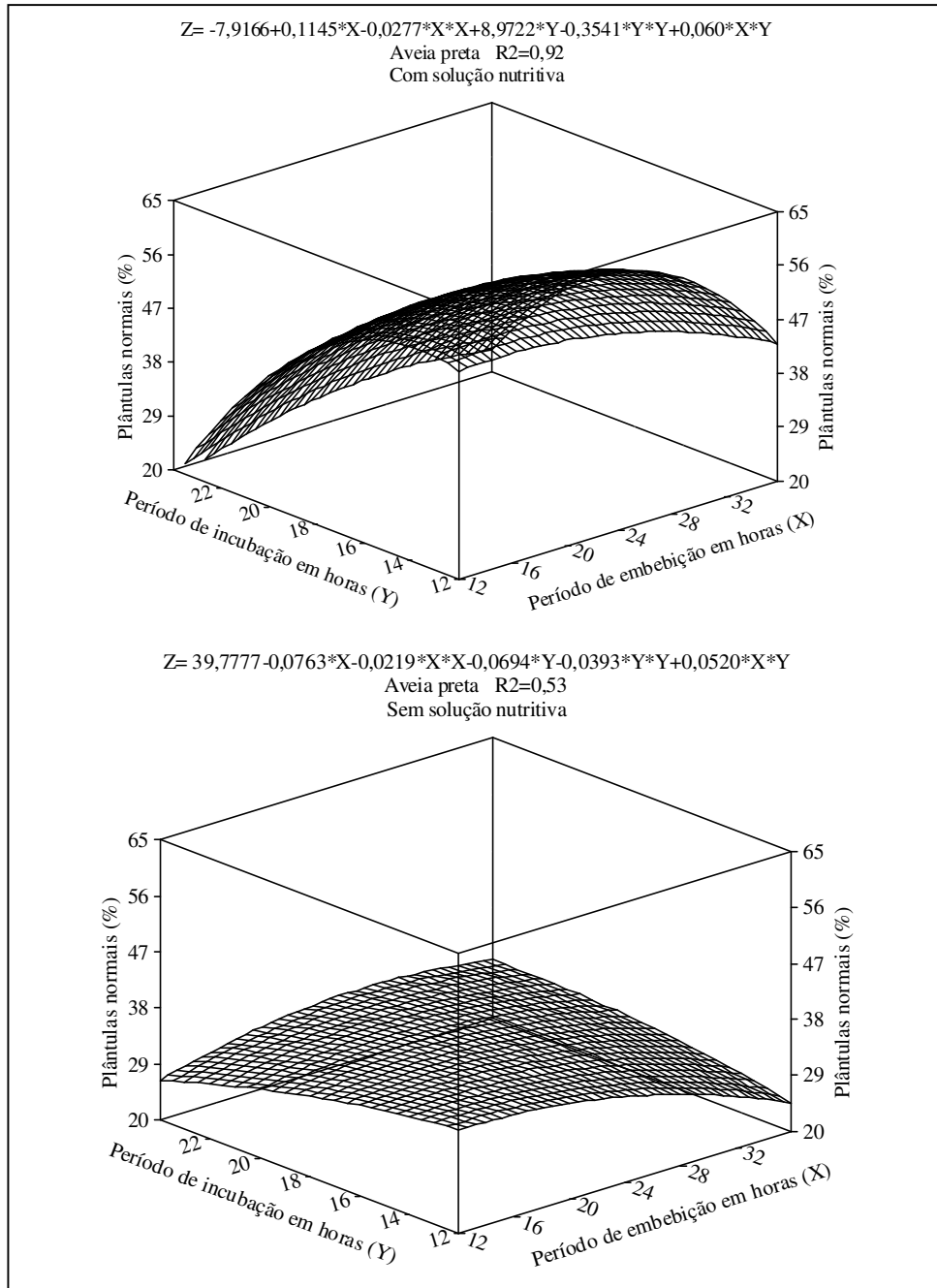


FIGURA 3: Superfícies de respostas de sementes de aveia preta na primeira contagem do teste de germinação com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

O uso de solução nutritiva na embebição das sementes de aveia preta teve importância significativa, pois proporcionou uma melhoria no vigor das plântulas. Isto se deve ao fato da semente, neste período, estar passando por intensa atividade metabólica absorvendo água ou solução nutritiva rapidamente influenciando na melhor translocação das reservas.

Nota-se na Figura 4, que o melhor período de embebição para milho foi 12 horas e igual período de incubação, proporcionando maior número de plântulas normais. Verificou-se que, na medida em que aumentaram os períodos de embebição e de incubação, diminuiu a percentagem de plântulas.

O fato das sementes apresentarem menor desempenho (Tabela 3), quando embebidas em solução nutritiva, pode ser atribuído talvez a um acúmulo de nutrientes promovido pela solução, que impediu algum mecanismo de mobilização das reservas, danificando as sementes ou impedindo a germinação e o posterior desenvolvimento de plântulas.

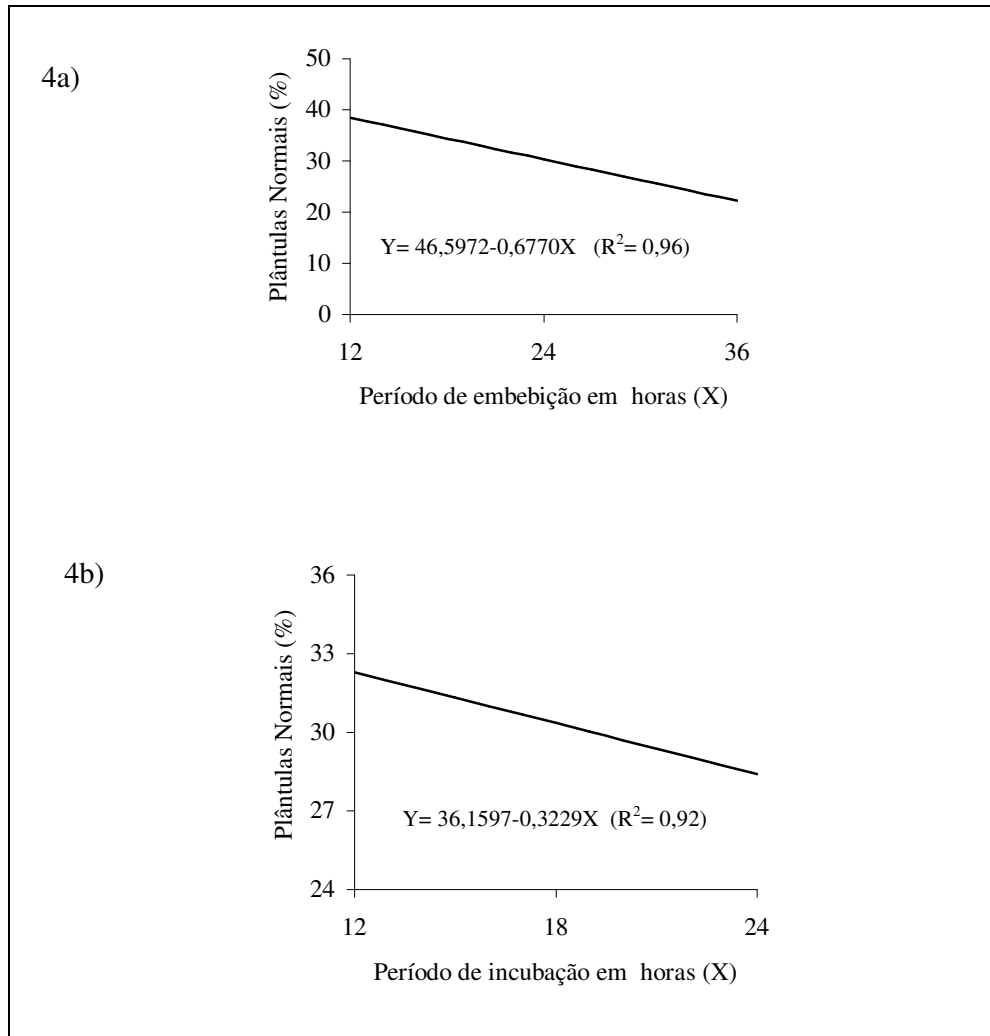


FIGURA 4: Comportamento da primeira contagem para o período de embebição (a) e de incubação (b) em sementes de milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Em sementes de milho, o número de plântulas normais na primeira contagem variou com o aumento do período de embebição (Figura 5). Usando solução nutritiva o maior número de plântulas foi obtido com 12 horas de embebição e 24 horas de incubação. Já o uso de água no período de embebição proporcionou aumento, no mesmo

período, do número de plântulas. Embora a diferença entre os dois tratamentos não seja acentuada, é possível verificar que o uso de solução nutritiva foi prejudicial às sementes e ao desenvolvimento inicial das plântulas.

A qualidade das sementes pode ser prejudicada por períodos longos de embebição. Segundo Franco *et al.* (1995), à medida que se aumenta o período de embebição das sementes diminui o período de incubação. Períodos longos de embebição podem favorecer a formação de plântulas anormais ou pouco vigorosas, além do aparecimento de odor com características de putrefação devido à diminuição da concentração de O₂ presente nas sementes.

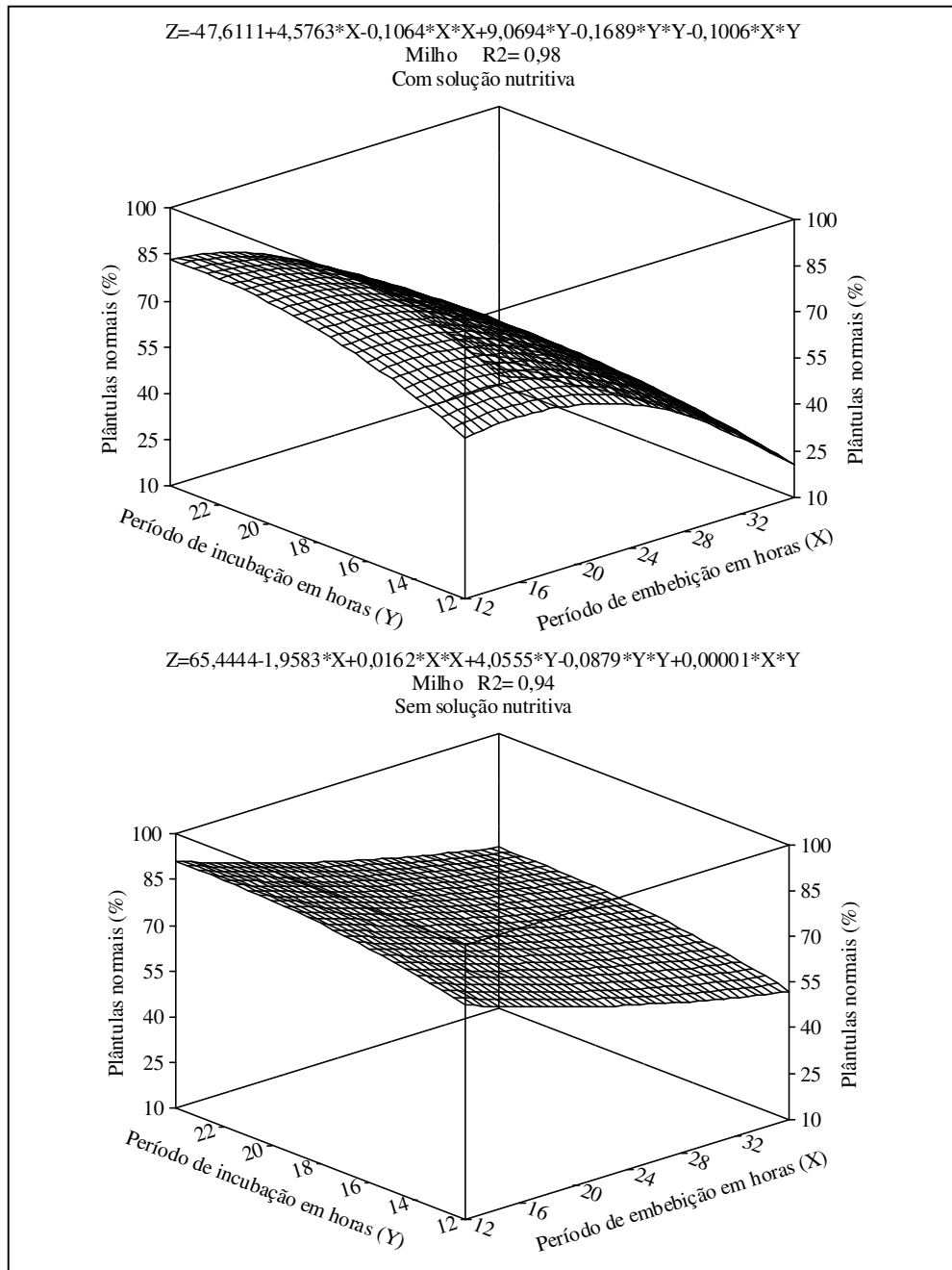


FIGURA 5: Superfícies de respostas na primeira contagem da germinação de sementes de milho com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Na Tabela 3, observa-se ainda que o teste de frio não apresentou diferença significativa quanto ao uso de água pura e solução nutritiva em sementes de aveia preta e milho. Porém, para sementes de milho verificou-se novamente que o uso de solução nutritiva na embebição teve efeito negativo na germinação de plântulas.

Para sementes de aveia preta (Figura 6), usando solução nutritiva, o melhor período de embebição foi 24 horas com 15 horas de incubação. Já usando água pura, observou-se que o melhor período de embebição foi 18 horas e de incubação por 12 horas. Notou-se, porém, que usando água pura a percentagem de plântulas normais foi inferior ao da solução nutritiva.

Em sementes de milho novamente, verificou-se que o melhor período de embebição e de incubação foi 12 horas (Figura 7). Essa tendência foi também observada na primeira contagem do teste de germinação. Nota-se que em relação à aveia preta e ao milho, o milho necessitou de menores períodos de embebição e de incubação das sementes.

Com relação às sementes de milho, os resultados mostram (Figura 8) que o melhor período de embebição usando água pura ou solução nutritiva foi 12 horas com 24 horas de incubação, no entanto, maior percentual de plântulas foi verificado usando água pura.

O efeito negativo do uso de solução nutritiva, verificado em sementes de milho e milho ao longo dos testes, se deve possivelmente, ao acúmulo de nutrientes, não necessários a germinação destas espécies.

Verificou-se que o milho também requer período menor de embebição em relação à aveia preta. Sementes de aveia iniciam o processo de germinação mais lentamente em relação ao milheto e milho, necessitando maiores períodos de embebição e de incubação. Isso pode ser devido à aveia preta possuir um envoltório na semente, que reduz a velocidade da entrada de água. Devido a isso também se poderia explicar o porque dos melhores resultados serem obtidos com o uso de solução nutritiva na embebição das sementes de aveia preta, pois as sementes teriam mais tempo para degradar e translocar as reservas até os pontos de crescimento, favorecendo o desenvolvimento de maior número de plântulas.

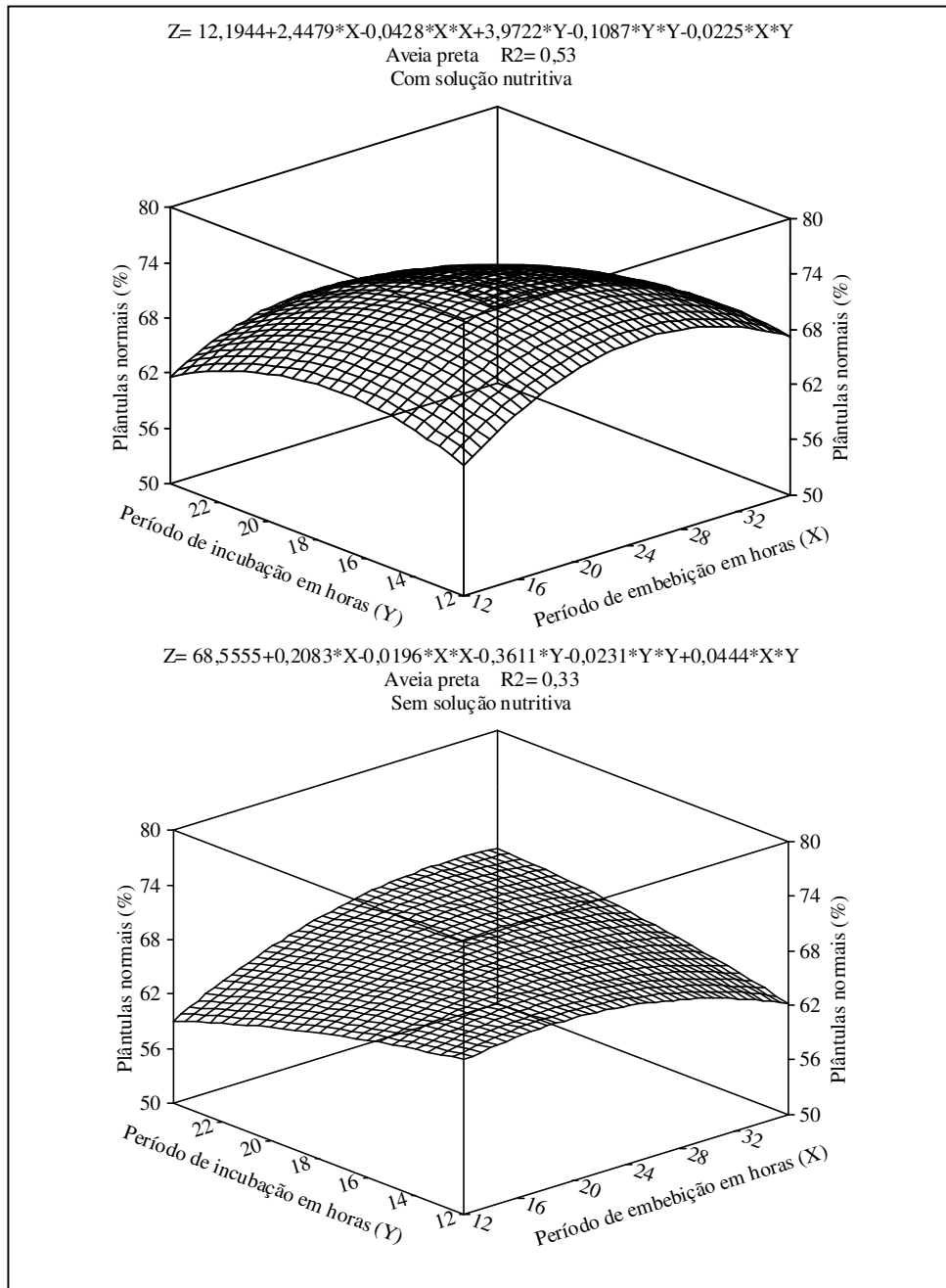


FIGURA 6: Superfícies de respostas no teste de frio em sementes de aveia preta com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

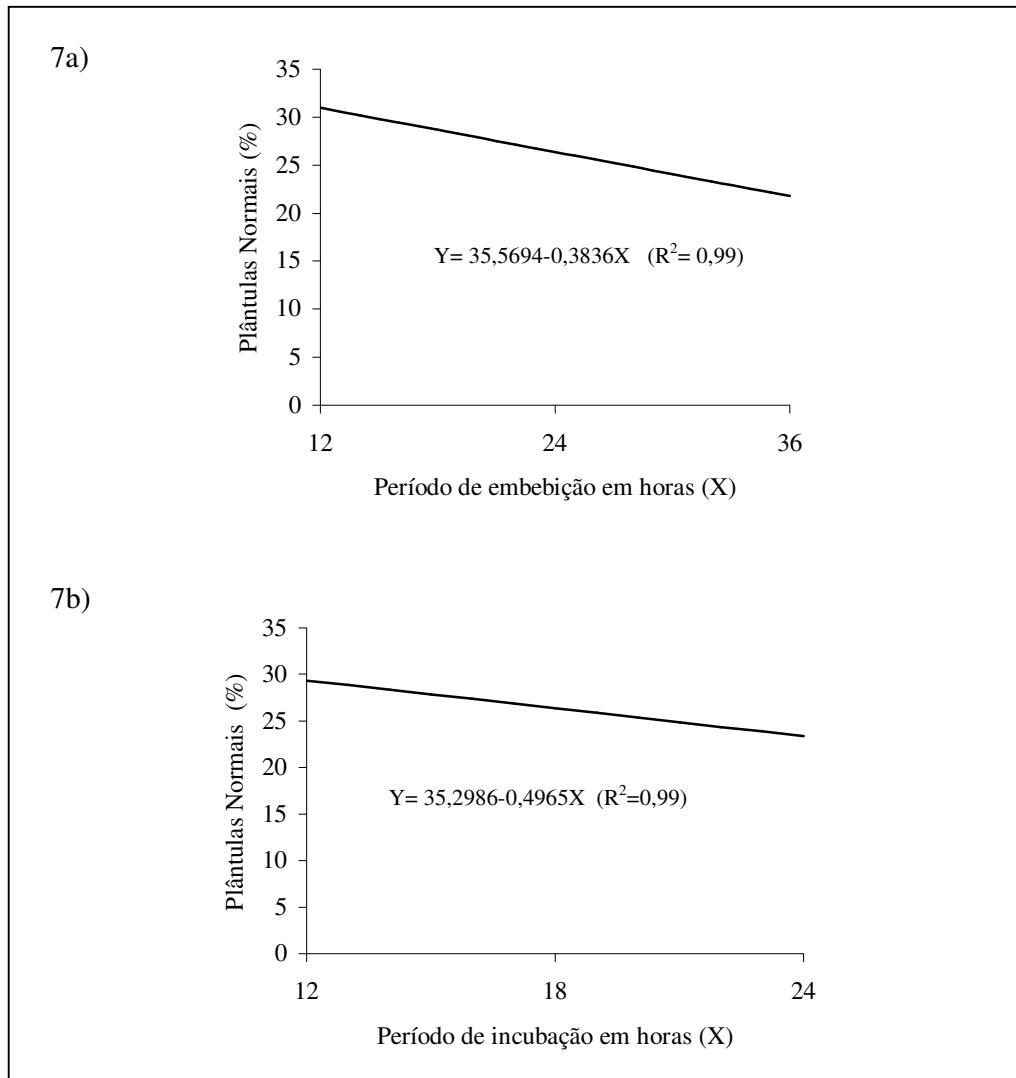


FIGURA 7: Teste de frio em sementes de milho em função do período de embebição (a) e do período de incubação (b). UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

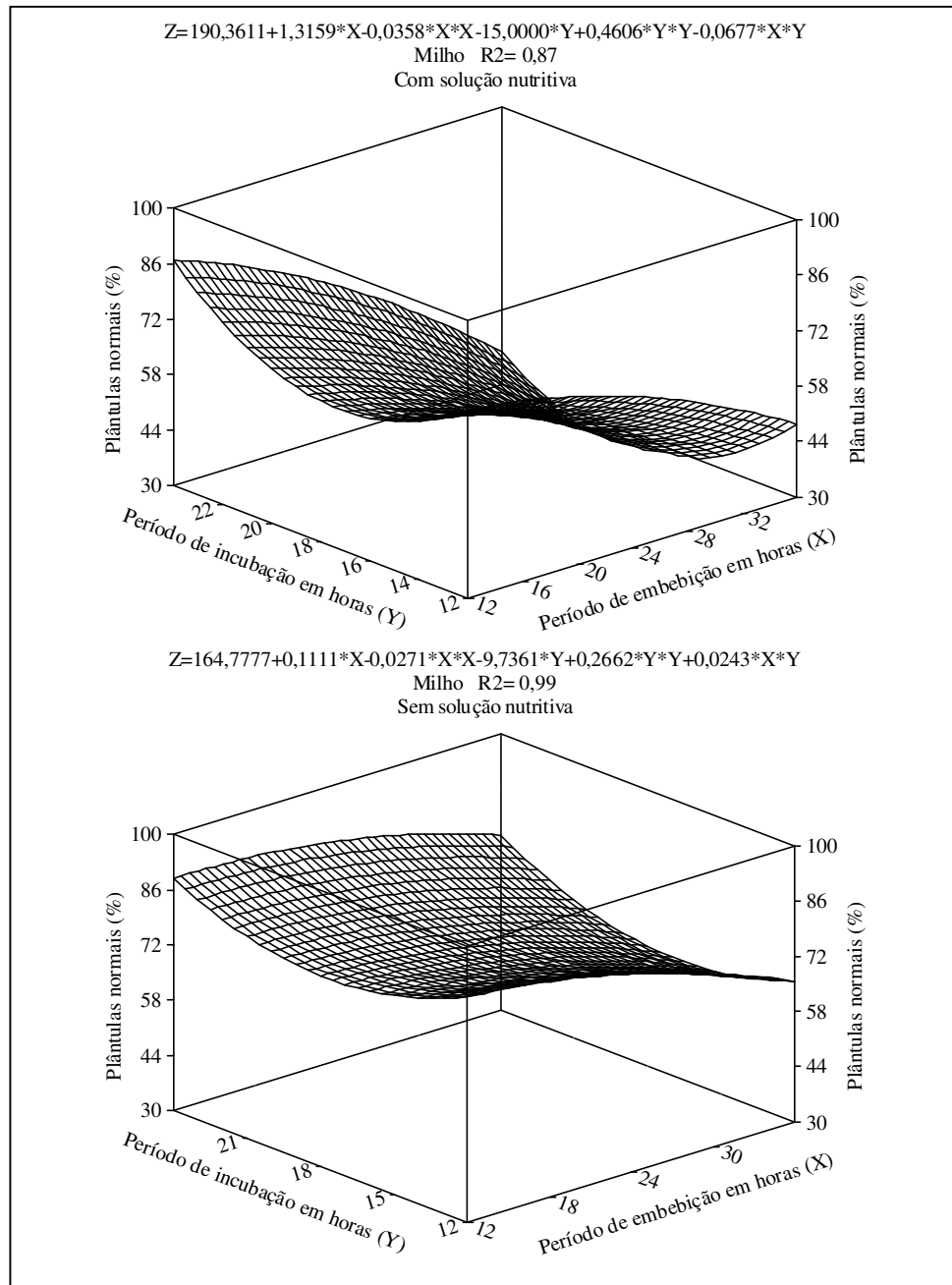


FIGURA 8: Curvas de respostas no teste de frio em sementes de milho com e sem solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Os dados referentes ao comprimento de plântulas para as três espécies encontram-se na Tabela 3. Verificou-se que, entre as três espécies estudadas, o milho não apresentou diferença de comprimento de plântula quanto às soluções testadas.

A mesma tendência observada nos testes anteriores também foi verificada no comprimento de plântula, ou seja, a aveia preta com melhores resultados usando solução nutritiva na embebição das sementes e milho utilizando apenas água pura.

A interação dos fatores, embebição e incubação, em sementes de aveia preta, não apresentaram diferença, mostrando-se indiferente e ajustando uma única equação nas duas situações de embebição (Figura 9). Notou-se que o melhor período de embebição foi 18 horas com 12 horas de incubação, porém não apresentando um ponto de máximo e nem de mínimo e ajustando ponto de sela, dificultando uma possível explicação.

Os resultados do comprimento de plântula de milho estão representados graficamente na Figura 10. Observou-se para esta característica que, independentemente do período de incubação, o maior comprimento de plântula foi obtido com 18 horas de embebição atingindo seu ponto de máximo às 19,2 horas. Similarmente ao verificado no teste de frio, o comprimento de plântulas não é favorecido com a embebição das sementes em solução nutritiva, necessitando apenas de água para ativar o metabolismo, degradar reservas, translocá-las até os pontos de crescimento. Da mesma maneira, o maior comprimento de plântula originada de sementes de milho foi obtido no período de embebição 12 horas, atingindo seu

ponto de máximo às 14,2 horas. Este período associado a 24 horas de incubação novamente constituiu-se no melhor período de tratamento apresentando as maiores médias (Figura 10b e c). A primeira fase de embebição é um processo físico e rápido, 12 horas foram suficientes para atingir umidade que ativou o metabolismo. Porém, para degradar as reservas, as sementes de milho necessitaram 24 horas.

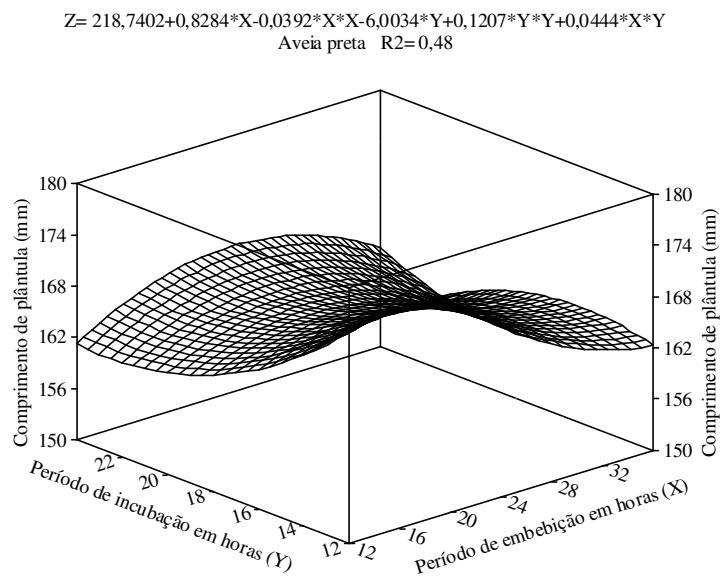


FIGURA 9: Superfície de resposta de comprimento de plântula de aveia preta em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

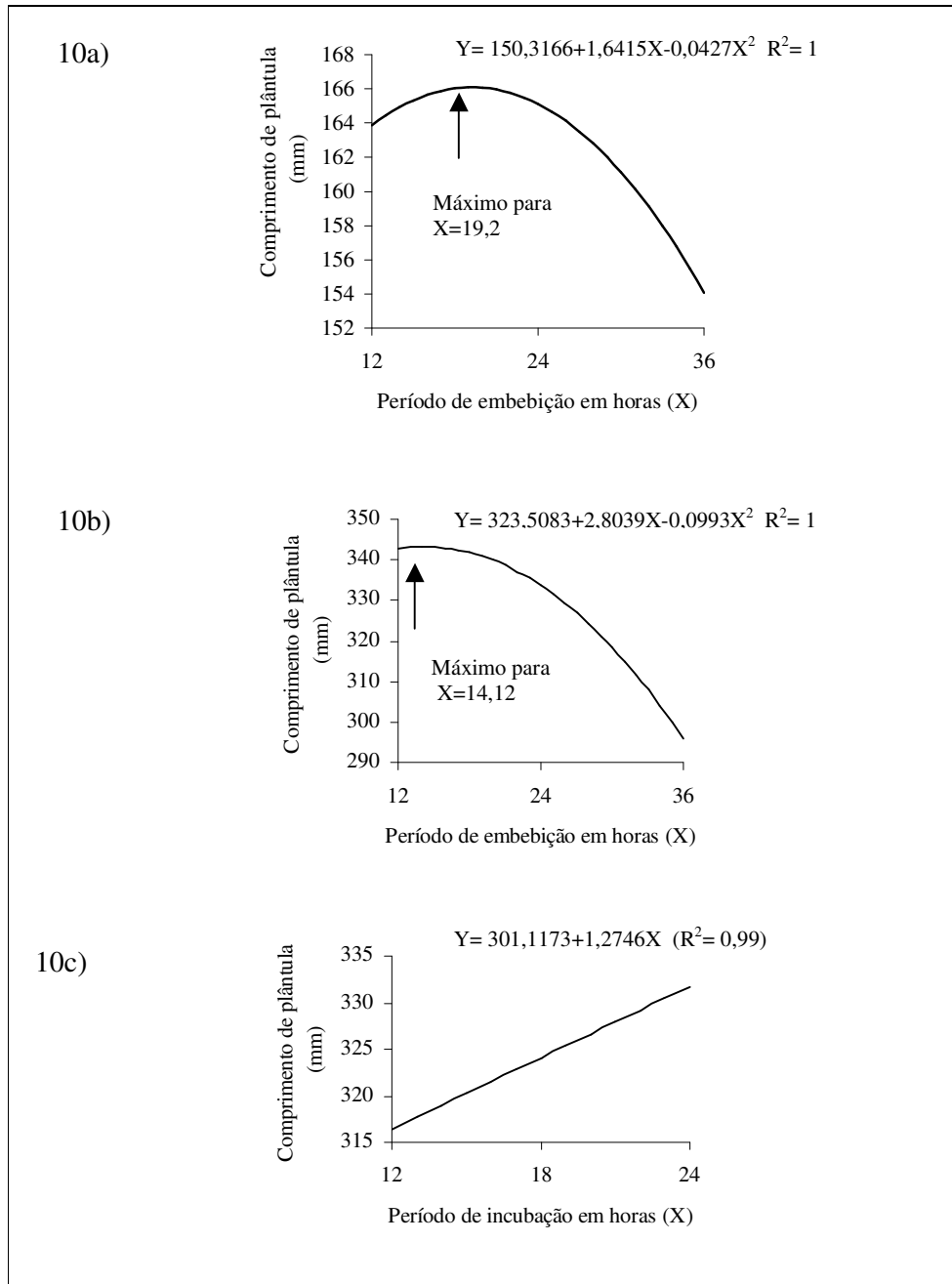


FIGURA 10: Comportamento do comprimento de plântulas originadas de sementes de milho (10a), e de milho em função do período de embebição (10b) e do período de incubação (10c). UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Os resultados obtidos da massa seca para as três espécies encontram-se também na Tabela 3. Observou-se que o tipo de solução usada na embebição, não interferiu nos resultados de massa seca de aveia preta. Entretanto, a massa seca de plântulas de milho e milho, apresentou diferença, permanecendo a tendência de melhores resultados com o uso de água pura na embebição das sementes.

O uso de água pura na embebição de sementes de milho e milho proporcionou acréscimo no valor médio da massa seca, embora para milho não tenha interferido no comprimento de plântula.

Na Figura 11 encontram-se os resultados obtidos para a massa seca originadas de sementes de aveia preta. Observou-se que, usando solução nutritiva, 18 horas de embebição foram suficientes para obter maior quantidade de massa seca, porém usando água pura, ajustou-se ponto de sela com 24 horas de embebição e 18 horas de incubação.

Os resultados de massa seca de plântulas de milho encontram-se na Figura 12. Verificou-se que os melhores períodos de embebição e de incubação foram 12 e 24 horas, respectivamente. Neste caso, os períodos de embebição e de incubação não sofreram a interação do efeito da solução nutritiva.

Pode-se verificar que todas as variáveis estudadas apresentaram redução significativa do poder germinativo e do vigor a partir de 12 horas de embebição, tanto para milho como para milho. Isso se deve, provavelmente, ao fato de que períodos longos de imersão podem danificar as estruturas internas das sementes (membranas e organelas), possibilitando a formação de plântulas pouco vigorosas. Porém, os melhores resultados de germinação e de vigor foram obtidos com o

período máximo de incubação em estudo, indicando que esta fase é mais lenta em relação à fase anterior. Verificou-se que grande parte das sementes apresentava início visível de germinação após o período de incubação, porém não sendo necessária a emissão da raiz primária.

Como observado em arroz, o período de embebição e de incubação pode variar dentro e entre espécies (Franco *et al.*, 1995), porém dentro da mesma espécie nota-se que esta variação de período pode ser menor.

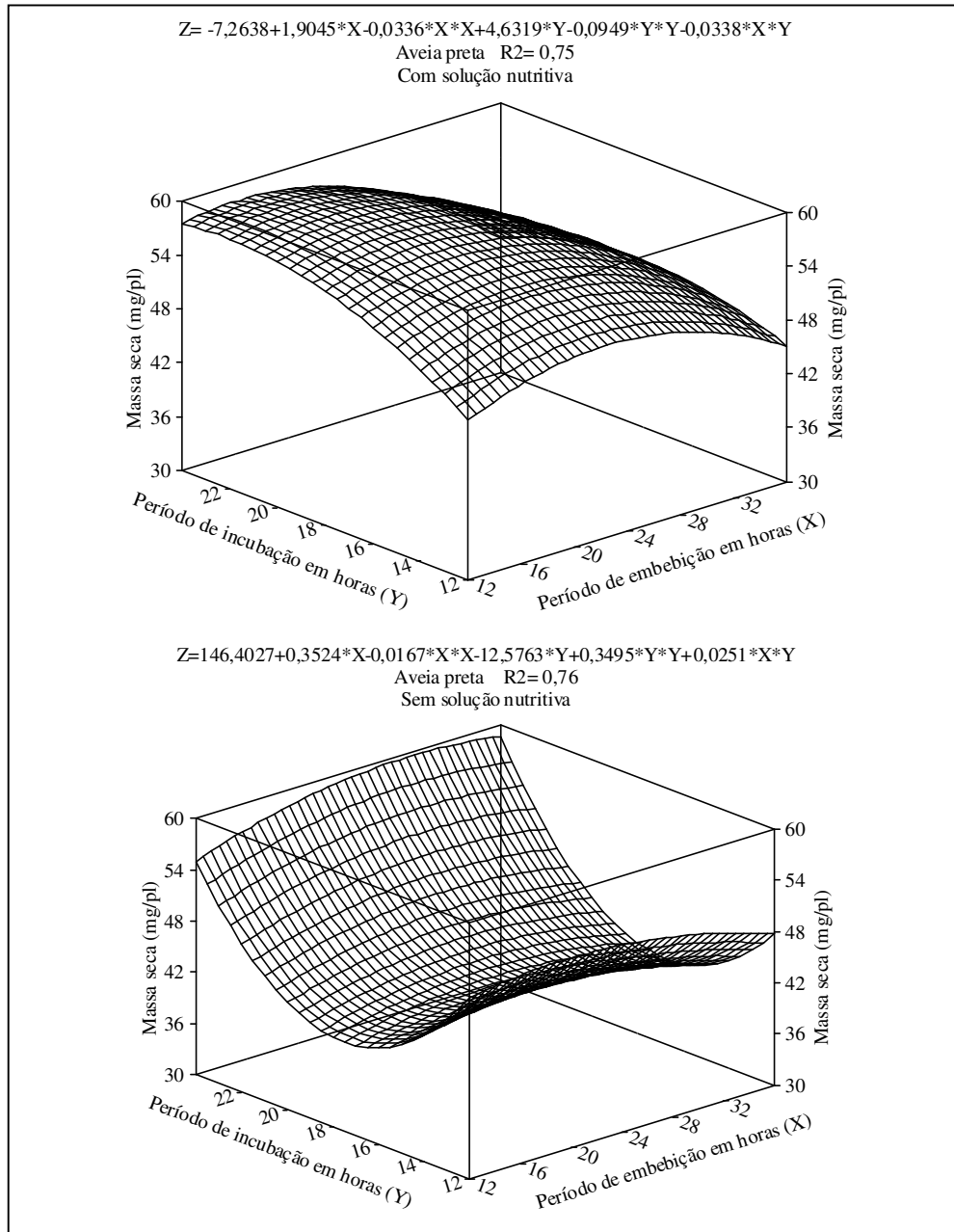


FIGURA 11: Superfícies de respostas de massa seca de plântulas originadas de sementes de aveia preta com e sem solução nutritiva em função os períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

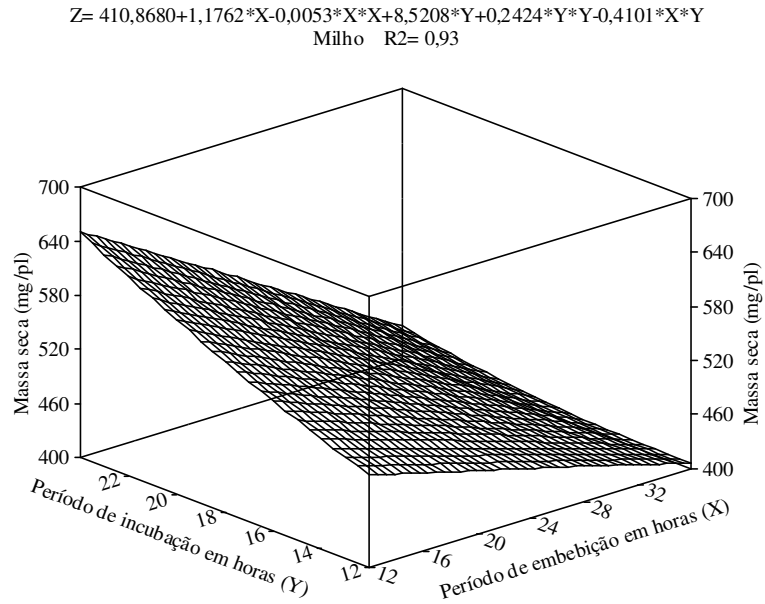


FIGURA 12: Superfície de resposta de massa seca de plântulas originadas de sementes de milho independentemente do uso ou não da solução nutritiva em função dos períodos de embebição e de incubação. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

4.6. CONCLUSÕES

As condições mais favoráveis para a pré-germinação das sementes de aveia preta em solução nutritiva, na temperatura de 20 °C são 24 horas de embebição e 18 horas de incubação.

Para sementes de milho e milho o melhor período para embebição em água pura é 12 horas, enquanto os melhores períodos de incubação são 12 e 24 horas, respectivamente, para as referidas espécies.

Os períodos de embebição associados aos períodos de incubação para cada espécie são favoráveis a pré-germinação de sementes, para a produção de forragem hidropônica, independentemente da emissão ou não da raiz primária.

4.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-BAKI, A.A. Biochemical of seed vigour. **HortScience**, Alexandria, v.15, n.6, p.765-771, 1980.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 1992, 365p.

BUNCH, H.D.; DELOUCHE, L.C. Absorption of water by seeds. **Proceedings Association Official Seed Analysis**, Las Cruces, v.499, p.142-150, 1969.

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

CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M.de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.151-164.

FRANCO, D.F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.B.; OLIVEIRA, A. Estudo preliminar das condições de pré germinação em arroz e qualidade de sementes. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 1995. p.286-288.

HAUT, V. **Produção de forragem hidropônica de gramíneas.** 2003. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M.de. **Testes de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.

NEVES, A.L.R.A. **Cultivo hidropônico de milho para alimentação animal.** Viçosa: CPT, 2001. 46p.

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

APÊNDICE A:

TABELA 4: Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2) em função do período de embebição (X variando entre 12 e 36 h) e período de incubação (Y variando entre 12 e 24 h) de sementes de aveia preta. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Variável/classe	Solução	Equação	R^2
Germinação	Com	$Z = -25,6666 + 0,4791X - 0,0312X^2 + 12,0555Y - 0,4444Y^2 + 0,0520XY$ (Ponto de máximo para X= 19,95 e Y= 14,73)	0,95
	Sem	$Z = -23,8888 + 0,0277X - 0,0185X^2 + 8,8611Y - 0,2824Y^2 + 0,0416XY$ (Ponto de máximo para X= 20,05 e Y= 17,16)	0,59
Primeira contagem	Com	$Z = -7,9166 + 0,1145X - 0,0277X^2 + 8,9722Y - 0,3541Y^2 + 0,0607XY$ (Ponto de máximo para X=17,60 e Y= 14,18)	0,92
	Sem	$Z = 39,7777 - 0,0763X - 0,0219X^2 - 0,0694Y - 0,0393Y^2 + 0,0520XY$ (Ponto de máximo para X= -13,00 e Y= -9,48)	0,53
Teste de frio	Com	$Z = 12,1944 + 2,4479X - 0,0428X^2 + 3,9722Y - 0,1087Y^2 - 0,0225XY$ (Ponto de máximo para X= 24,46 e Y= 15,74)	0,53
	Sem	$Z = 68,5555 + 0,2083X - 0,0196X^2 - 0,3611Y - 0,0231Y^2 + 0,0416XY$ (Ponto de máximo para X= -67,07 e Y= -68,21)	0,33
Comprimento de plântula	EmbxInc	$Z = 218,7402 + 0,8284X - 0,0392X^2 - 6,0034Y + 0,1207Y^2 + 0,0444XY$ (Ponto de máximo para X= 22,30 e Y= 20,70)	0,47
Massa seca	Com	$Z = -7,2638 + 1,9045X - 0,0367X^2 + 4,6319Y - 0,0949Y^2 - 0,0338XY$ (Ponto de máximo para X= 16,02 e Y= 21,55)	0,75
	Sem	$Z = 146,4027 + 0,3524X - 0,0167X^2 - 12,5763Y + 0,3495Y^2 + 0,0251XY$ (Ponto de sela para X= 23,44 e Y= 17,15)	0,76

APÊNDICE B:

TABELA 5: Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2) do período de embebição (X variando entre 12 e 36 h) e período de incubação (Y variando entre 12 e 24 h) de sementes de milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Variável/classe	Solução	Equação	R^2
Germinação	Emb	$Y = 52,6388 - 0,6493X$	0,96
Primeira contagem	Emb	$Y = 46,5972 - 0,6770X$	0,96
	Inc	$Y = 36,1597 - 0,3229Y$	0,92
Teste de frio	Emb	$Y = 35,5694 - 0,3836X$	0,99
	Inc	$Y = 35,2983 - 0,4965Y$	0,99
Comprimento de plântula	Emb	$Y = 150,3166 + 1,6415X - 0,0427X^2$ (Ponto crítico= 19,22)	1
	Com	$Y = 153,3500 + 1,6777X - 0,0516X^2$ (Ponto crítico= 16,26)	1
	Sem	$Y = 147,2833 + 1,6052X - 0,0337X^2$ (Ponto crítico= 23,82)	1
Massa seca	Somente médias		

APÊNDICE C:

TABELA 6: Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2) em função do período de embebição (X variando entre 12 e 36 h) e período de incubação (Y variando entre 12 e 24 h) de sementes de milho. UFSM, Santa Maria, RS, 2002.

Variável/classe	Solução	Equação	R^2
Germinação	Emb	$Y=83,3333+0,8194X-0,0520X^2$ (Ponto crítico 7,88)	1
	Com	$Y=68,1666+2,3055X-0,0972X^2$ (Ponto crítico 11,86)	1
	Sem	$Y=98,5000-0,6666X-0,0069X^2$ (Ponto crítico -48,30)	1
Primeira contagem	Com	$Z=-47,6111+4,5763X-0,1064X^2+9,0694Y-0,1689Y^2-0,1006XY$ (Ponto de máximo para X= 10,25 e Y= 23,79)	0,98
	Sem	$Z=65,4444-1,9583X+0,0162X^2+4,0555Y-0,0879Y^2+0,0000XY$ (Ponto de sela para X= 60,44 e Y= 23,07)	0,94
Teste de frio	Com	$Z=190,3611+1,3159X-0,0358X^2-15,00Y+0,4606Y^2-0,0677XY$ (Ponto de sela para X= 2,79 e Y= 16,49)	0,87
	Sem	$Z=164,7777+0,1111X-0,0271X^2-9,7361Y+0,2662Y^2+0,0243XY$ (Ponto de sela para X= 10,04 e Y= 17,83)	0,99
Comprimento de plântula	EmxInc	$Y=323,5083+2,8039X-0,0993X^2$ (Ponto crítico 14,12)	1
	-Inc	$Y=301,1173+1,2746Y$	0,99
Maassa seca	EmxInc	$Z=410,8680+1,1762X-0,0053X^2+8,5208Y+0,2424Y^2-0,4101XY$ (Ponto de sela para X= 23,44 e Y= 2,25)	0,93

5. CAPÍTULO III

CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E PRÉ-GERMINAÇÃO DE SEMENTES PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM HIDROPÔNICA

5.1. RESUMO

O objetivo do trabalho foi comparar o melhor tratamento de pré-germinação e de condicionamento osmótico das sementes de aveia preta, milheto e milho, para a produção de forragem hidropônica. A partir de resultados obtidos em laboratório, aplicaram-se os seguintes tratamentos: para a pré-germinação de aveia preta, as sementes foram embebidas em solução nutritiva por 24 horas e incubadas por 18 horas; para o milheto, as sementes foram embebidas por 12 horas em água pura com 12 horas de incubação e para o milho, 12 horas de embebição em água pura e um período de 24 horas de incubação. Para o condicionamento osmótico, as sementes de aveia preta e de milheto foram colocadas para beber por 72 horas a um potencial osmótico de $-0,8$ MPa, e para o milho, as sementes foram embebidas por 48 horas a um potencial de $-1,0$ MPa. O experimento foi conduzido em túnel alto modelo “Hermano” do Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia e Hidroponia do Departamento de Fitotecnia na Universidade Federal de Santa Maria, RS, no outono de 2003. A semeadura foi realizada na densidade de $2,0 \text{ kg.m}^{-2}$ com oito repetições. Adotou-se o sistema hidropônico aberto, com canteiros confeccionados com lona preta, estendida sobre o solo nivelado, e as bordas limitadas por madeira.

Logo após a semeadura, iniciou-se a irrigação por nebulização com solução nutritiva. As variáveis avaliadas foram: estatura das plantas aos 3, 6, 9, 12 e 14 dias após a semeadura, fitomassa fresca e seca, macro e micro elementos e proteína bruta aos 14 dias após a semeadura. Concluiu-se que o tratamento de pré-germinação produz maior estatura de plantas de aveia preta e milho no período de 3 a 14 dias após a semeadura. O tratamento de pré-germinação produz também maior fitomassa fresca do que o condicionamento osmótico nas três espécies aos 14 dias. Os tratamentos de pré-germinação e condicionamento osmótico não diferem quanto ao estabelecimento dos teores de macro-elementos minerais e de proteína bruta nas plantas aos 14 dias.

Palavras-chave: tratamentos pré-germinativos, tratamento de sementes, *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Zea mays*.

OSMOTIC CONDITIONING AND PRE-GERMINATION OF SEEDS TO PRODUCE HYDROPONIC GRASS

5.2. ABSTRACT

The objective of the work was to compare the best seed treatment of pre-germination and osmotic conditioning of black oat, millet and corn, to produce hydroponic grass. With the laboratory result, were used the treatments: Pre-germination of black oat, seeds were placed into the nutritious solution for 24 hours and incubation for 18 hours; millet seeds were placed into pure water for 12 hours of incubation and corn seeds were placed into water for 12 hours and 24 hours of incubation. Obtaining osmotic conditioning seeds of black oat, and millet were placed to absorb water in an osmotic potential of $-0,8$ MPa for 72 hours, and corn seeds were placed to absorb water in a potential of $-1,0$ MPa for 48 hours. The experiment was conducted in a greenhouse model “Hermano” of “Research Nucleo in Ecophysiology and Hydroponic of Fitotecnia Department in the Federal University of Santa Maria, RS. Were used for sowing $2,0 \text{ kg.m}^{-2}$ of seeds with eight repetitions. Also was used the open hydroponic system, with flowerbed made of black polyethylene, on leveled soil with the borders delimitade with wood. After sowing irrigation was started using nutritious solution. Were avaliated: plants height at 3, 6, 9, 12 and 14 days after sowing, green and dry mass, macro and micro elements and brute protein in 14 days after sowing. Was observed that pre-germination propicie taller plants of black oat and corn at 3 and 14 days after sowing. The pre-germination treatment also propicie more

green mass than osmotic conditioning in the three crops at 14 days. The treatments of pre-germination and osmotic conditioning did not propicie difference of macro elements and brut protein in plants at 14 days.

Key-words: Pre-germinating treatment, seeds treatment, *Avena strigosa*, *Pennisetum glaucum*, *Zea mays*.

5.3. INTRODUÇÃO

A forragem hidropônica vem sendo utilizada como alternativa de alimentação, para pequenos e grandes animais, devido à escassez de pastos de boa qualidade nas épocas de entressafra e estiagem. A produção de forragem é afetada no inverno por fatores limitantes como luminosidade e temperatura, por outro lado, no verão a disponibilidade hídrica constitui o principal fator limitante à produção (Nelson & Moser, 1994). Surge, então, a necessidade de se produzir uma forragem de alto valor nutritivo em um curto período de tempo, para auto-sustentação e sobrevivência dos animais. Apesar deste cenário, poucas informações são encontradas quanto à capacidade produtiva e a qualidade de forragem hidropônica produzidas durante as quatro estações do ano, usando diferentes espécies agrícolas.

No cultivo hidropônico, assim como nos demais cultivos, é fundamental o uso de sementes de alta qualidade para uma elevada germinação e uniforme emergência das plântulas. Assim, a qualidade das sementes envolve o potencial genético para altos rendimentos, a sua adaptação ao meio em que vai ser semeada, a sanidade, uniformidade, pureza física, poder germinativo e vigor (Carvalho & Nakagawa, 2000).

A percentagem de germinação e a uniformidade podem ter forte impacto sobre o rendimento e a qualidade final do produto. Desta forma, muitos trabalhos sobre tratamentos de pré-semeadura têm sido conduzidos, visando abordar os mais variados aspectos relacionados com a minimização do problema (Gimenez-Sampaio *et al.*, 1997).

A pré-germinação das sementes tem sido utilizada como alternativa para melhorar o desempenho fisiológico das sementes de espécies forrageiras. Este tratamento consiste da imersão em água e posterior incubação das sementes, por diferentes períodos de tempo, buscando uniformizar e acelerar o processo de germinação (Franco *et al.*, 1995).

Outra alternativa promissora é o condicionamento osmótico, em que se realiza hidratação controlada das sementes, permitindo que ocorra o metabolismo da semente, sem, no entanto permitir a protrusão da raiz primária. Essa técnica tem apresentado bons resultados para diversas espécies olerícolas e ornamentais entre outras (Khan *et al.*, 1983; Mayer & Poljakoff Mayber, 1989), sendo restritas as informações sobre sementes forrageiras.

O objetivo do trabalho foi comparar o melhor tratamento de pré-germinação com o melhor condicionamento osmótico das sementes de aveia preta, milheto e milho, para a produção de forragem hidropônica.

5.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia e Hidroponia, do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria-RS, no outono de 2003.

Foram utilizadas sementes das espécies aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e milheto (*Pennisetum glaucum* L.) comuns e milho (*Zea mays* L.) da cultivar AG 303, adquiridas no comércio de Santa Maria-RS. O experimento foi realizado com dois tratamentos, onde o

primeiro (PG-Pré-germinação), baseou-se na determinação do melhor período de embebição e de incubação para a pré-germinação das sementes para cada espécie, determinado em experimento anterior. O segundo tratamento (CO-Condicionamento Osmótico) foi obtido através do melhor resultado de laboratório para o condicionamento osmótico de sementes, constituído pelo melhor período de embebição e melhor potencial, sendo realizado também para cada espécie.

O experimento foi instalado em um túnel alto, modelo “Hermano” com seis metros de largura e 27 metros de comprimento (162 m^2), disposto no sentido norte-sul, coberto com polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 micra, aditivado contra raios ultravioleta.

Para cada espécie foi construído um canteiro de 2 m x 2 m, revestido com filme plástico (lona preta de 100μ), estendido sobre solo nivelado, no interior dos túneis, sendo as bordas limitadas por sessões de madeiras de 10 cm de altura. O canteiro foi subdividido em 16 parcelas de 0,5 m x 0,5 m para casualização dos dois tratamentos (PG e CO) em oito repetições. Dentro da estufa, os três canteiros foram colocados na posição central com um espaçamento de um metro entre eles.

O sistema hidropônico utilizado foi o sistema aberto, sem reaproveitamento da solução aplicada, necessitando verificação periódica das condições de umidade da massa hidropônica.

Antes da semeadura de cada espécie, as sementes foram pesadas e divididas para cada tratamento (densidade $2,0 \text{ kg.m}^{-2}$), colocadas em baldes plásticos com as respectivas soluções previamente preparadas a

saber: solução nutritiva (Neves, 2001 adaptada por Haut 2003) e a concentração das soluções para obtenção dos potenciais osmóticos foi obtida, tomando-se por base as recomendações de Villela *et al.* (1991).

Os dois tratamentos (PG e CO) usados para cada espécie estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1: Descrição dos tratamentos de Pré-Germinação (PG) e Condicionamento Osmótico (CO) utilizadas para a produção de forragem hidropônica.

Espécies	Tratamento	Descrição
Aveia preta	PG	→ 24 h embebição em solução nutritiva e 18 h de incubação;
	CO	→ 72 h de embebição a um potencial de $-0,8\text{MPa}$;
Milheto	PG	→ 12 h embebição em água pura e 12 h de incubação;
	CO	→ 72 h de embebição a um potencial de $-0,8\text{MPa}$;
Milho	PG	→ 12 h embebição em água pura e 24 h de incubação;
	CO	→ 48 h de embebição a um potencial de $-1,0\text{MPa}$.

As sementes das três espécies, após o condicionamento osmótico, foram lavadas em água corrente por aproximadamente um minuto, antes da realização da semeadura. A semeadura foi realizada manualmente, sobre a lona preta sem a utilização de substrato. Logo após a semeadura, iniciou-se a irrigação com solução nutritiva (Tabela 2), que foi mantida estocada em tanque de fibra de vidro com capacidade de 2000 L.

TABELA 2: Composição química da solução nutritiva utilizada para produção de forragem hidropônica no outono, UFSM, Santa Maria, RS, 2003.

Fonte de nutrientes	Quantidade 1000 L de água
Nitrato de Cálcio	410 g
Nitrato de Potássio	360 g
Sulfato de Magnésio	150 g
Monoamôniofosfato (MAP)	90 g
Solução de Micronutrientes	20 mL
FE-EDTA *	1000 mL
Solução Micronutrientes	Quantidade 5 L de água
Bórax	22,0 g
Sulfato de Zinco	9,5 g
Sulfato de Manganês	5,5 g
Sulfato de Cobre	4,0 g
Molibdato de Sódio	1,5 g

Fonte: Adaptado de Neves (2001)

* Obtido através da dissolução de 24,1 g de sulfato de ferro em 400 mL de água e 25,1 g de sódio-EDTA em 400 mL de água quente (80 °C), misturando-se as duas soluções frias, completando para 1,0 L.

A aplicação da solução nutritiva foi feita através de rede de canos de PVC e mangueira preta de 25,4 mm, regulada por temporizador, composto por moto-bomba marca Mark-Pearless de 1 cv (746kw) de potência e sistema de irrigação por nebulização, com irrigações realizadas a cada duas horas durante o dia, pelo período de um minuto. A noite, realizou-se uma única irrigação por volta das 24 horas.

A *colheita* das plantas foi realizada aos 14 dias após a semeadura, sendo a irrigação interrompida com antecedência de 24 horas, evitando, com isto, o acúmulo de água e sais na massa da forragem.

A *estatura das plantas* foi determinada aos 3, 6, 9, 12 e 14 dias após a semeadura, a partir da média de 10 observações, utilizando-se uma régua milimetrada e considerando-se como parte medida, desde a extremidade da última folha ao colo da planta.

Aos 14 dias após a semeadura, as variáveis avaliadas foram *fitomassa fresca e seca*, provenientes da parcela amostral, com tamanho de 0,33 m X 0,33 m (0,1089 m²). O material obtido foi inicialmente pesado, determinando-se a fitomassa fresca ou verde, e, posteriormente, acondicionado em sacos de papel, sendo secado em estufa com circulação de ar forçado a ± 60 °C até atingirem massa constante. Depois de seco, o material foi pesado em balança semi-analítica, com precisão de um miligrama, obtendo-se assim a fitomassa seca.

A etapa seguinte constituiu-se na moagem das amostras e posterior envio ao Laboratório de Análise de Tecidos, do Departamento de Engenharia Florestal, da UFSM, para determinação da composição dos *macro e microelementos* contidos na fitomassa seca.

A partir da determinação do nitrogênio, obtida na análise da fitomassa seca, determinou-se a quantidade de *proteína bruta* (PB), através da multiplicação do teor de nitrogênio pelo fator de correção de 6,25.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de estatura das plantas obtidos aos 3, 6, 9, 12 dias e na colheita (14 dias), para as três espécies, nos dois tratamentos, estão apresentados na Tabela 3.

Observou-se que para aveia preta e para o milho, os valores médios obtidos no final da coleta dos dados aos 14 dias, diferiram significativamente entre os tratamentos, apresentando estaturas maiores quando as sementes foram pré-germinadas.

A estatura das plantas de aveia preta, obtida a partir de sementes pré-germinadas, foi maior do que a estatura das plantas provenientes das sementes que sofreram o condicionamento osmótico e foram avaliadas aos 3, 6, 9, 12 e 14 dias após semeadura. Essas plantas apresentaram crescimento mais lento no decorrer do período em relação às demais espécies. Estes resultados devem-se, possivelmente, ao fato de que para o bom desenvolvimento da aveia preta são necessárias temperaturas amenas (Farias *et al.*, 2002), menores do que as ocorridas na estufa durante o experimento.

Dentre as espécies de verão, o milho apresentou, nos dois tratamentos aplicados, maior estatura. Nas plantas originadas de sementes de milho na pré-germinação e no condicionamento osmótico, observou-se estatura final de 34,2 e 30,5 cm, respectivamente aos 14 dias. As sementes pré-germinadas

apresentaram maior estatura, possivelmente devido ao fato da semeadura ter ocorrido com aproximadamente 20% das sementes já apresentando raiz primária visível.

TABELA 3: Estatura das plantas (cm), de aveia preta, milho e milho, obtidas no outono, para os tratamentos pré-germinado (PG) e condicionamento osmótico (CO), em diferentes dias após semeadura. UFSM, Santa Maria-RS, 2003.

Trat	Dias após semeadura				
	3	6	9	12	14
	————— Aveia preta —————				
PG	2,0 a*	5,4 a	11,80 a	15,0 a	17,0 a
CO	1,3 b	3,6 b	9,30 b	9,5 b	11,5 b
CV(%)	40,65	27,11	22,30	11,30	10,52
	————— Milheto —————				
PG	2,4 a*	6,0 a	14,3 a	16,4 a	19,1 a
CO	1,6 b	4,4 b	11,8 a	15,8 a	18,4 a
CV(%)	38,72	20,47	22,96	13,41	12,89
	————— Milho —————				
PG	3,0 a*	9,8 a	27,2 a	31,8 a	34,2 a
CO	1,2 b	5,8 a	24,9 a	27,5 b	30,5 b
CV(%)	38,22	13,24	16,39	6,26	8,31

* Médias não seguidas por mesma letra na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O maior incremento na estatura das plantas foi verificado entre 6 e 9 dias após a semeadura em ambos os tratamentos, com uma elevada recuperação das plantas originadas de sementes osmocondicionadas.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios totais de fitomassa fresca e seca e teor de proteína bruta aos 14 dias, para as três espécies estudadas. Os resultados mostraram que para as sementes submetidas ao condicionamento osmótico ocorreram reduções na quantidade de fitomassa fresca nas três espécies. Da mesma forma, com relação à estatura (Tabela 3), exceto milho, observou-se que plantas originadas de sementes pré-germinadas apresentaram maiores quantidades de fitomassa fresca final.

A aveia preta obteve baixa produção de volumoso (fitomassa fresca) em relação às demais espécies. Estes resultados vão ao encontro aos obtidos por Haut (2003), estando este fato, relacionado com a temperatura, pois embora a estação fosse outono, a temperatura ambiente e da estufa permaneceram elevadas mantendo-se acima de 20 °C durante todo o experimento. A aveia preta por ser uma espécie de inverno, necessita de temperaturas mais baixas para a germinação e um bom crescimento inicial das plantas.

Com relação a fitomassa seca, apenas a aveia preta apresentou diferença significativa em função dos tratamentos. A diferença entre os valores de fitomassa seca e fresca da aveia preta ocorreu devido seu crescimento irregular e mais lento, fazendo que parte da fitomassa seca adicionada na forma de semente continuasse praticamente intacta.

Para milho e milheto, embora os resultados não tenham apresentado diferença significativa, observou-se que às plantas

provenientes do condicionamento osmótico apresentaram maior quantidade de fitomassa seca. O uso de condicionamento osmótico na embebição de sementes, também proporcionou um incremento na massa seca de outras espécies como verificaram Brocklehurst & Dearman (1983), Bradford (1986), Lopes *et al.* (1996) e Süne *et al.* (2002). De acordo com Duran (1998 e 1999), em condições de campo, além de aumentos na percentagem de emergência, podem ocorrer acréscimos no acúmulo de massa fresca e massa seca de plântulas oriundas de sementes osmocondicionadas. Este é um fator de grande importância quando se deseja melhorias na qualidade de produção de forragens.

A maior produção de fitomassa seca com relação às espécies foi obtida pelo milho, alcançando $1,49 \text{ kg.m}^{-2}$ no tratamento de pré-germinação e $1,60 \text{ kg.m}^{-2}$ no condicionamento osmótico. Resultados semelhantes foram encontrados por Haut (2003), utilizando pré-germinação em sementes de milho para a produção de forragem hidropônica.

Os teores de proteína bruta (PB) na fitomassa seca mostraram que dentro da mesma espécie, não houve diferença entre os tratamentos. Esses valores encontrados atendem as exigências para gado de corte, suprimindo as necessidades nutricionais indicadas pelo National Research Council (1996). Valores semelhantes de PB também foram encontrados na composição química de aveia preta, em estudo realizado por Silva (1998). Assim, quando atendida as exigências nutricionais básicas das pastagens, essas podem ser ministradas como

complemento no araçãoamento dos animais, permitindo a obtenção de bom desenvolvimento.

TABELA 4: Fitomassa fresca e seca e teores de proteína bruta (% da massa seca) de plantas de três espécies, em tratamentos, de pré-germinação (PG) e condicionamento osmótico (CO). UFSM, Santa Maria-RS, 2003.

Trat	Fitomassa (kg.m ⁻²)		Proteína Bruta	
	Fresca	Seca	PB (%)	PB.m ⁻²
	————— Aveia Preta —————			
PG	3,634 a*	1,300 a	16,69 a	21,7
CO	1,120 b	0,501 b	14,32 a	7,17
CV (%)	37,19	27,13	10,50	
	————— Milheto —————			
PG	13,033a	0,979 a	16,80 a	16,44
CO	9,874 b	1,031 a	19,81 a	25,95
CV (%)	17,83	9,82	11,13	
	————— Milho —————			
PG	16,592 a	1,496 a	14,97 a	22,39
CO	14,566 b	1,600 a	14,36 a	22,97
CV (%)	18,52	9,92	7,41	

* Médias não seguidas por mesma letra na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A Tabela 4 indica também os dados de fitomassa fresca no cultivo hidropônico, por um período de 14 dias. As quantidades encontradas ficaram em torno de 24, 114 e 155 t.ha⁻¹, para aveia preta, milheto e milho, respectivamente. Quando comparada à produção e

qualidade de silagem dessas espécies, observa-se que também na produção de silagem, a aveia preta produz baixas quantidades de massa fresca (15 t.ha^{-1}) e seca (3 t.ha^{-1}), por isso é mais utilizada no pastejo devido ao seu excelente valor nutritivo. Mesmo assim a quantidade de massa de aveia preta produzida no cultivo hidropônico foi superior a produção de silagem.

De acordo com a Pioneer (1993), a produção de silagem de milho está em torno de 27 t.ha^{-1} . Observa-se que a produção de forragem hidropônica está além dos resultados da silagem, tendo em vista principalmente o período de produção e quantidade de fitomassa produzida.

A produção de forragem hidropônica de milho apresentou um teor de PB na fitomassa seca superior ao verificado na literatura, pois segundo Gonçalves *et al.* (2003), em grãos e silagem de milho, geralmente, observa-se valores em torno de 8%. De acordo com Dias (2002), o teor de proteína diminui à medida que a planta atinge o ponto de maturidade fisiológica, e quanto maior o teor de proteína, maior será a digestibilidade da planta. Desta forma, justifica-se a utilização desta forragem como fonte alternativa de alimento na forma de volumoso aos animais, tendo em vista que supre as necessidades em quantidade e qualidade, associando ainda, a utilização de pequenas áreas de produção em um curto espaço de tempo.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 5, observou-se que os tratamentos de PG e CO, não diferiram quanto ao estabelecimento dos teores de macro elementos minerais das plantas aos 14 dias, que parece ter sido mais influenciados pela irrigação com

a solução nutritiva. Apenas o elemento enxofre na aveia preta apresentou diferentes concentrações nos dois tratamentos.

Os teores de macronutrientes encontrados na fitomassa seca das três espécies atendem as exigências nutricionais para bovinos de corte, pois, de acordo com o National Research Council (1996), as necessidades dos macronutrientes são de: P (0,26-0,34%); K (0,6%); Ca (0,30-0,40%); Mg (0,10-0,18%) e S (0,10%).

O teor médio de fósforo na fitomassa seca produzida nas três espécies foi acima das exigências necessárias. O mesmo ocorrendo para os teores de Mg na fitomassa seca de milho e milho. Teores inferiores e não suficientes de P foram encontrados por Siewert *et al.* (1994) e Silva (1996) e de Mg por Silva (1996) em pastagem de campo natural.

Quanto aos teores de potássio encontrados na fitomassa seca, estes também foram superiores às exigências, com exceção ao tratamento de condicionamento osmótico em aveia preta. Estes valores estão de acordo com Silva (1996), suprimindo as necessidades nutricionais dos ruminantes.

Os teores de cálcio obtidos na fitomassa seca de milho e em milho no tratamento pré-germinado estão dentro das exigências nutricionais de ruminantes. Entretanto, na fitomassa seca de aveia preta e no condicionamento osmótico de milho foram insuficientes quanto às exigências nutricionais. Quantidades de cálcio, entre os limites necessários, foram encontrados em pastagem de campo natural por Silva (1996).

TABELA 5: Teores médios (g.kg^{-1}) de macro-elementos minerais em aveia preta, milho e milho para tratamento pré-germinação (PG) e condicionamento osmótico (CO). UFSM, Santa Maria-RS, 2003.

Trat	N	P	K	Ca	Mg	S
————— Aveia preta —————						
PG	26,7 a*	4,6 a	6,2 a	2,5 a	1,6 a	2,3 a
CO	22,9 a	4,7 a	5,6 a	1,9 a	1,5 a	2,1 b
CV(%)	10,50	3,27	9,27	13,24	3,50	3,73
————— Milheto —————						
PG	26,8 a	5,3 a	16,5 a	4,2 a	2,9 a	3,7 a
CO	31,7 a	5,2 a	13,0 a	3,6 a	2,5 a	3,3 a
CV(%)	11,13	7,97	19,18	10,17	11,95	5,05
————— Milho —————						
PG	23,9 a	4,4 a	11,3 a	3,0 a	2,0 a	2,1 a
CO	22,9 a	4,3 a	8,9 a	2,5 a	1,9 a	2,2 a
CV(%)	7,41	2,98	16,26	16,92	6,94	2,23

* Médias não seguidas por mesma letra na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os teores dos minerais encontrados na fitomassa seca das pastagens vão influenciar diretamente na produção final do animal. Desta maneira, a qualidade inicial da semente se torna um fator importante para que se obtenha uma boa qualidade final da forragem hidropônica, já que o período de produção é muito curto.

Observando-se os resultados dos micronutrientes obtidos a partir das análises realizadas (Tabela 6), verificou-se que para a aveia preta,

o elemento boro, cobre e zinco apresentaram diferença significativa, com teores maiores na fitomassa seca de plantas provenientes de sementes submetidas ao tratamento de pré-germinação. Em relação ao milho, apenas o elemento boro apresentou diferenças com maior quantidade em plantas originadas da pré-germinação.

Para os elementos ferro e zinco, foram observadas altas concentrações desses elementos (Tabela 6), todavia, encontram-se dentro da concentração de até 1000 mg.kg^{-1} , como indicado por Crispim *et al.* (2002), como não sendo prejudicial à dieta animal. De acordo com National Research Council (1996), a necessidade de ferro e de zinco é de 50 e 30 mg.kg^{-1} , respectivamente.

Os teores de cobre na fitomassa seca de milho atendem as exigências de bovinos de corte, porém, em aveia preta e milho as quantidades são consideradas insuficientes, já que a necessidade segundo National Research Council (1996) é de 10 mg.kg^{-1} , necessitando de complementação deste elemento na dieta animal através de outra fonte nutritiva. O mesmo fato ocorreu com os teores de manganês encontrado na fitomassa seca de milho, pois, são consideradas insuficientes, já que a National Research Council (1996) postula que as quantidades necessárias são de 20 mg.kg^{-1} .

A escassez de pasto natural recomenda a busca de técnicas alternativas que poderão vir a ser economicamente exequíveis. Isto associado à disponibilidade de construção de estruturas economicamente viáveis ou mesmo de estruturas adaptadas na propriedade do produtor, tornam a atividade importante em períodos de escassez de alimento para o bom desenvolvimento do animal.

A espécie utilizada, a quantidade de sementes tratadas, a solução nutritiva e o momento de colheita podem afetar os custos e, assim, estabelecer vantagens para o sistema de produção. Isto não diminui o valor dos resultados obtidos, mas sim, reforçam a sua importância e apontam para a necessidade de estudos complementares.

TABELA 6: Teores médios de micro-elementos minerais ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) em aveia preta, milho e milho em tratamentos de pré-germinação (PG) e condicionamento osmótico (CO). UFSM, Santa Maria-RS, 2003.

Trat	B	Cu	Fe	Mn	Zn
————— Aveia preta —————					
PG	13,6433 a*	7,5666 a	306,1333 a	55,7666 a	48,17 a
CO	4,3266 b	6,8966 b	315,8000 a	56,2333 a	44,19 b
CV(%)	15,11	2,56	41,06	4,40	2,99
————— Milheto —————					
PG	23,0533 a*	11,8733 a	540,70 a	29,70 a	78,7966 a
CO	27,0733 a	10,3533 a	418,96 a	24,26 a	65,1666 a
CV(%)	7,81	7,41	15,47	10,96	11,63
————— Milho —————					
PG	15,60 a*	3,2233 a	253,93 a	12,6333 a	49,03 a
CO	8,25 b	3,0633 a	323,80 a	11,7666 a	44,04 a
CV(%)	26,95	6,07	26,16	18,18	6,95

* Médias não seguidas por mesma letra na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5.6. CONCLUSÕES

O tratamento de pré-germinação produz maior estatura de plântula de aveia preta e milho do que o condicionamento osmótico no período de 3 a 14 dias após a semeadura.

O tratamento de pré-germinação produz maior fitomassa fresca em relação ao condicionamento osmótico, nas três espécies, aos 14 dias após a semeadura.

Os tratamentos de pré-germinação e condicionamento osmótico em sementes de milho e milheto produzem efeitos semelhantes na produção de fitomassa seca, aos 14 dias após a semeadura.

Os tratamentos de pré-germinação e condicionamento osmótico não diferem quanto ao estabelecimento dos teores de macro-elementos minerais e de proteína bruta das plantas aos 14 dias, nas três espécies.

5.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. Interaction between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion, II. seedling emergence and plant growth. **Annals of Applied Biology**, Warwickshire, v.102, n.12, p.585-593, 1983.

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

CRISPIM, S.M.A.; FERNANDES, F.A.; BRANCO, O.D. **Valor nutritivo de *B. humidicola* na sub-região da Nhecolândia Pantanal do Mato Grosso do Sul**. Nhecolândia-MS, 2002. Disponível em: <http://www.pantanal2002.ucdb.br/eixos/eixo03/e3_49.pdf> Acesso em: 20 fev. 2004.

DIAS, F.N. **Avaliação de parâmetros agronômicos e nutricionais em híbridos de milho (*Zea mays* L.) para silagem**. 2002. 114f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2002.

DURAN, J.M. Acondicionamento e revestimento de sementes. In: SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMENTES, 15. 1998, Gramado. **Resumos...** Gramado: CESM/RS e FELAS, 1998. p. 107-115.

DURAN, J.M.; RETAMAL, N.; TORRES, M. Aspectos fisiológicos del acondicionamento osmótico de semillas. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.4, n.1, p.140-148, 1999.

FARIAS, C.R.J.; LUCCA-FILHO, O.A.; PIEROBOM, C.R.; DEL PONTE, E.M. Qualidade sanitária de sementes de aveia preta (*Avena strigosa* Schereb.) produzidas no estado do Rio Grande do Sul, safra 1999/2000. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p.1-4, 2002.

FRANCO, D.F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.B.; OLIVEIRA, A. Estudo preliminar das condições de pré germinação em arroz e qualidade de sementes. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre:1995. p.286-288.

GIMENEZ SAMPAIO, T.; SAMPAIO, N.V.; VAZ DE SOUZA, R.H. Incremento na taxa e velocidade de germinação e emergência sob baixas temperaturas, de sementes de milho (*Zea mays* L.) submetidas ao pré-condicionamento osmótico. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.2, n.1, p.20-27, 1997.

GONÇALVES, R.A.; SANTOS, J.P. dos.; TOMÉ, P.H.F.; PEREIRA, R.G.F.A.; ASCHERI, J.L.R.; ABREU, C.M.P. de. Rendimento e composição química de cultivares de milho em moagem a seco e produção de *Grits*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.3, p.643-650, 2003.

HAUT, V. **Produção de forragem hidropônica de gramíneas**. 2003. 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

KHAN, A.A.; PECK, N.H.; TAYLOR, A.J. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, n.15, p.788-794, 1983.

LOPES, M.M.; FONTES, P.C.R.; CECON, J.M.P.R.; MALAVASI, M.M. Germinação e vigor de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) influenciados pelo período e temperatura de condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.5, n.1, p.42-49, 1996.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 187p.

NELSON, C. J.; MOSER, L. E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY Jr., G. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. Chap. 3, p. 115-154.

NEVES, A.L.R.A. **Cultivo hidropônico de milho para alimentação animal**. Viçosa: CPT, 2001, 46p.

PIONEER. **Silagem de milho**. 2.ed. [S.1]: Pioneer, 1993. (Pioneer. Informe Técnico, 6).

SIEWERDT, L.; BITENCOURT JÚNIOR, D.; SILVA, R.M.; SIEWERDT, F. Teores de fósforo e potássio no feno de campo natural de planosso, sob diferentes combinações de adubação no Rio Grande do Sul, 1994. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá, PR. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p.394.

SILVA, A.W.L.; ALMEIDA, M.L.; MAFRA, A.L.; EFFTING, A.. Produção de matéria seca e composição química de forrageiras hibernais anuais, puras ou consorciadas, em semeadura tardia no planalto catarinense. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998. Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/eventos/Fortaleza/Forragicultura%5CSbz507.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2004.

SILVA, R.M. da; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JUNIOR, P.; SIEWERCT, F. Níveis e fracionamento da aplicação do nitrogênio nos teores de proteína bruta e macro-elementos na forragem de campo natural de planossolo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.2, n.3, p.165-170, 1996.

SÜNE, A.D.; FRANKE, L.B.; GIMENEZ-SAMPAIO, T. Efeitos do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de *Adesmia latifolia* (Spreng.) Vog. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p.18-23, 2002.

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