

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES



TESE

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO AO
ESTRESSE SALINO

Fabio Schaun Härter

Pelotas – Rio Grande do Sul, Brasil

Fevereiro - 2014

FABIO SCHAUN HÄRTER

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO AO
ESTRESSE SALINO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (Área do conhecimento: Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientador: Géri Eduardo Meneghello

Co- Orientador: Francisco Amaral Villela

Pelotas - 2014

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

H327t Harter, Fabio Schaun

Tolerância de cultivares de arroz irrigado ao estresse salino / Fabio Schaun Harter ; Géri Eduardo Meneghello, orientador ; Francisco Amaral Villela, coorientador. — Pelotas, 2014.

131 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Oryza sativa L. 2. Cultivares. 3. Estresse salino. 4. Doses de NaCl. I. Meneghello, Géri Eduardo, orient. II. Villela, Francisco Amaral, coorient. III. Título.

CDD : 633.18

Banca examinadora:

Engº. Agrº. Géri Eduardo Meneghello, Dr

Prof. Francisco Amaral Villela, Dr

Profª Lilian Vanussa Madruga de Tunes, Dra

Engº. Agrº. Demócrito Amorim Chiesa Freitas, Dr

Biol. Andréia da Silva Almeida, Dra

Dedicatória

*A minha esposa Letícia dos Santos Hölbig Härter,
pelo apoio, ajuda e dedicação.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por todas as oportunidades ofertadas.

Ao Eng^o. Agr^o Dr. Géri Eduardo Meneghello, pelo apoio, amizade, orientação e, principalmente confiança.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes pela oportunidade da realização do doutorado e pela oportunidade da realização do Doutorado Sanduíche, em Asunción-PY.

Aos professores do programa, que com seus ensinamentos contribuíram para a realização desta etapa.

À minha esposa, Letícia dos Santos Hölbig Härter, Obrigado pela paciência, pelo incentivo, pela força e principalmente pelo carinho.

Aos meus pais Edgar Bauer Härter e Ruth Helena Schaun Härter que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que esta caminhada se tornasse possível.

Aos amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação, em especial Sandro de Oliveira, Cesar Suárez Castellanos e Vinícius Menegaz pelo apoio e auxílio na execução do trabalho.

À minha sogra, Edi dos Santos Hölbig pelo carinho, dedicação e auxílio na execução do experimento.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos a mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

Resumo

HARTER, Fabio Schaun. **Tolerância de cultivares de arroz irrigado ao estresse salino. 2014.** 131f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produção de sementes de arroz de diferentes cultivares, sob estresse salino. O experimento foi realizado em duas safras agrícolas; no primeiro ano foram avaliados cinco genótipos (IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 - Formosa) submetidos a doses de 0, 12,5; 25; 37,5; 50; 75 e 100 mM. No segundo ano utilizou-se quatro genótipos (IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 - Formosa) nas doses 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Avaliou-se a qualidade fisiológica das sementes sob estresse salino pelos testes de germinação, primeira contagem de germinação, teste frio, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência, emergência, área foliar, comprimento de parte aérea e sistema radicular, fitomassa seca parte aérea e sistema radicular. Os genótipos foram cultivados sob as mesmas condições de salinidade, avaliando-se no final do ciclo as características agrônômicas e a qualidade da semente produzida da seguinte forma: número de panículas, peso total, peso de sementes cheias, peso de sementes chochas, porcentagem de sementes cheias e chochas, e peso de mil sementes; e qualidade fisiológica pelos teste de germinação, primeira contagem de germinação e teste de frio. Conclui-se que a qualidade fisiológica de sementes de arroz apresenta redução com o aumento dos níveis de estresse salino; cultivares de arroz mostram respostas diferenciadas sob condições de estresse salino; as cultivares de arroz IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) apresentam redução da produção de sementes sob condições de estresse salino; a qualidade fisiológica de sementes de arroz das cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), não são afetadas negativamente em concentrações salinas até 16 mM.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. genótipos. estresse abiótico. doses de NaCl.

Abstract

HARTER , Fabio Schaun . Tolerance of rice cultivars to salt stress . 2014. 131pag . Thesis (PhD) – Seed science and technology program. Federal Univeristy of Pelotas, Pelotas/RS.

The objective of this work was to evaluate the production of rice seeds of different cultivars under salt stress. The experiment was conducted in two growing seasons, in the first year, the following five rice genotypes (IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 - Formosa) were evaluated to salt tolerance and they were submitted to doses of 0; 12.5; 25; 37.5; 50; 75 and 100 mM. In the second year, four genotypes (IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 - Formosa) were used at dosages of 0; 4; 8; 12 and 16 mM. The following tests were performed to evaluate seed quality under stress: germination, first count, cold test, accelerated aging, emergence speed index, emergence, leaf area, shoot and root length, stem and root dry biomass. All genotypes were grown under the same salinity conditions and the agronomic characteristics and quality of seed produced were evaluated at the end of the cycle as follows: number of panicles, total weight, weight of full seeds, weight of empty seeds, percentage of full and empty seeds and thousand seed weight. Physiological seed quality was evaluated by tests of germination, first count and cold test. It can be concluded that physiological quality of rice seeds showed a decrease with the increase in salt stress levels. Rice cultivars show different responses under salt stress; salt stress reduce the production of seed of the cultivars IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência and IAS 12-9 (Formosa) and the physiological quality of rice seeds of the cultivars IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência and IAS 12-9 (Formosa), are not affected in salt concentrations up to 16 mM .

Keywords: *Oryza sativa* L. genotypes. abiotic stress. NaCl doses.

Lista de Figuras

CAPÍTULO 1

Figura 1	Teste de germinação de sementes de arroz submetidas a concentrações de cloreto de sódio, média dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.....	46
Figura 2	Primeira contagem de germinação, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.....	47
Figura 3	Teste de frio, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.....	48
Figura 4	Teste de envelhecimento acelerado, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.....	49
Figura 5	Teste de emergência em campo, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.....	50
Figura 6	Índice de velocidade de emergência, de plântulas oriundas de sementes de arroz submetidas a concentrações de cloreto de sódio, média dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.....	51
Figura 7	Comprimento de parte aérea, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.....	52
Figura 8	Comprimento do sistema radicular, de sementes de arroz submetidas a concentrações de cloreto de sódio, média dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.....	53
Figura 9	Fitomassa seca da parte aérea, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.....	54
Figura 10	Fitomassa seca do sistema radicular, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.....	55
Figura 11	Área foliar, de sementes de arroz submetidas a concentrações de cloreto de sódio, média dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.....	56

CAPÍTULO 2

Figura 1	Número de panículas de arroz, produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM, média dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.....	87
Figura 2	Peso total de panículas de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.....	88
Figura 3	Peso de sementes de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.....	89

Figura 4	Peso de sementes chochas de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.....j.....	90
Figura 5	Porcentagem de sementes cheias de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.....	91
Figura 6	Porcentagem de sementes chochas de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.....	92
Figura 7	Peso mil sementes arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.....	93
Figura 8	Teste de germinação, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.....	96
Figura 9	Teste de primeira contagem de germinação, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.....	97
Figura 10	Teste de frio, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.....	98

Lista de Tabelas

CAPÍTULO 1

Tabela 1	Resumo da análise de variância das características teste de germinação (G), primeira contagem do teste de germinação (1TG), teste de frio (TF) e teste de envelhecimento acelerado, e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0,0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0; 75,0 e 100,0 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.....	41
Tabela 2	Resumo da análise de variância das características índice de velocidade de emergência (IVE), emergência em campo (EC), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de sistema radicular (CSR), fitomassa seca da parte aérea (FPA), fitomassa seca do sistema radicular (FSR) e área folia (AF), e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0,0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0; 75,0 e 100,0 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.....	42
Tabela 3	Qualidade fisiológica de sementes de arroz, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos testes de germinação (TG), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento do sistema radicular (CSR) e área foliar (AF). Valores representam a média das concentrações salinas avaliadas. Pelotas, RS – 2014	43
Tabela 4	Qualidade fisiológica de sementes de arroz, IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos testes primeira contagem de germinação (1TG), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo (EC), comprimento de parte aérea (CPA), fitomassa seca da parte aérea (FPA) e fitomassa seca do sistema radicular (FSR), submetidos a concentrações de salinidade de 0,0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0; 75,0 e 100,0 mM. Pelotas, RS – 2014.....	44
Tabela 5	Resumo da análise de variância das características número de panícula (NP), peso total de panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochas (C) e peso de mil sementes (PMS) e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0,0 e 12,5; mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.....	57

Tabela 6	Qualidade física de sementes de arroz produzidas sob estresse de salinidade, média das concentrações 0 e 12,5 mM, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos parâmetros número de panículas (NP), peso total das panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de chochos (C) e peso de mil sementes (PMS). Pelotas, RS – 2014.....	58
Tabela 7	Características agrônômicas de sementes de arroz produzidas sob estresse de salinidade nas concentrações 0 e 12,5 mM dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos parâmetros número de panículas (NP), peso total das panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochos (C) e peso de mil sementes (PMS). Pelotas, RS – 2014.....	60
Tabela 8	Resumo da análise de variância das características primeira contagem do teste de germinação (1TG) e teste de germinação (TG) e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0,0 e 12,5; mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.....	62
Tabela 9	Qualidade fisiológica de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), produzidas sob concentrações de NaCl, avaliadas pelos testes de primeira contagem de germinação (1 ^a TG) e germinação (TG). Pelotas, RS – 2014.....	63

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Resumo da análise de variância das características emergência em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de parte aérea (CPA), área foliar (AF) e fitomassa seca da parte aérea, e estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0, 4, 8,12 e 16 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.....	79
Tabela 2	Resumo da análise de variância das características número de panícula (NP), peso total de panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochas (C) e peso de mil sementes (PMS) e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa)	81

	submetidos a concentrações de 0, 4, 8,12 e 16 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.....	
Tabela 3	Resumo da análise de variância do teste de germinação (TG), primeira contagem do teste de germinação (1TG) e teste de frio (TF) e Estimativa da variância da cultivar, concentração, repetição e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0, 4, 8,12 e 16 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.....	82
Tabela 4	Qualidade fisiológica de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos testes de emergência no campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de parte aérea (CPA), área foliar (AF) e fitomassa seca da parte aérea (FPA) Pelotas, RS – 2014.....	83
Tabela 5	Características agronômicas de plantas de arroz produzidas sob estresse salino dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos parâmetros número de panículas (Nº PAN), peso total das panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochas (C) e peso de mil sementes (PMS). Pelotas, RS – 2014.....	86
Tabela 6	Qualidade fisiológica de sementes de arroz produzidas sob estresse de salinidade dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos parâmetros Teste de Germinação (TG), Primeira Contagem de Germinação (1TG), Teste de Frio (TF). Pelotas, RS – 2014.....	94

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO GERAL	13
REVISÃO DE LITERATURA	14
CAPÍTULO 1 – PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE POR SALINIDADE	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	34
RESULTADOS E DISCUSÃO.....	40
CONCLUSÕES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E QUALIDADE DE SEMENTES DE ARROZ PRODUZIDAS SOB ESTRESSE SALINO....	72
RESUMO.....	72
ABSTRACT.....	73
INTRODUÇÃO.....	74
MATERIAL E MÉTODOS.....	75
RESULTADOS E DISCUSÃO.....	79
CONCLUSÕES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
CONSIDERAÇÕES GERAIS	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL	108
APÊNDICE	125
ANEXOS	129

INTRODUÇÃO GERAL

O Rio Grande do Sul é responsável por aproximadamente 60 % da produção Nacional de arroz, com uma área de cultivo 1,1 milhão de hectares e produtividade média de 7,2t ha⁻¹, enquanto a média do Brasil é de 5,1 t ha⁻¹ (CONAB, 2014).

A qualidade das sementes sem origem legal é duvidosa, principalmente se foram utilizadas em áreas cujas condições não são totalmente favoráveis. Para que as sementes germinem é necessário que existam condições favoráveis de oxigênio, temperatura e disponibilidade de água (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Entretanto, nem sempre essas condições são adequadas, especialmente em solos salinos. Com o aumento da salinidade ocorre diminuição do potencial osmótico do solo, dificultando a absorção de água pelas raízes (AMORIM *et al.*, 2002; LOPES e MACEDO, 2008).

O desenvolvimento e produtividade de plantas são limitados pelos efeitos da salinização (ALLAKHVERDIEV *et al.*, 2000). Para a cultura do arroz irrigado, os períodos de maior sensibilidade ao excesso de sais na água são os estádios de plântula e o reprodutivo. Reduções na emissão de perfilhos e da área foliar fotossinteticamente ativa, assim como o aumento da esterilidade de espiguetas, são alguns dos danos relacionados à salinidade e que reduzem o rendimento do arroz (EHLER, 1960; CARMONA *et al.*, 2009).

Um dos métodos mais difundidos para determinação da tolerância das plantas ao excesso de sais é a observação da porcentagem de germinação em substratos salinos (LIMA e TORRES, 2009).

Estudos relativos a avaliação da qualidade das sementes produzidas em solos salinos, são escassos na literatura, embora encontrem-se vários estudos sobre avaliação da germinação de culturas em solos salinos com o objetivo de investigar o nível de tolerância. No entanto, não é avaliado posteriormente a qualidade das sementes produzidas a partir da irrigação com água salina (SOUZA *et al.*, 2014).

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência na qualidade de sementes de arroz de diferentes cultivares na produção em condições de estresse salino.

REVISÃO DE LITERATURA

Produção de sementes de arroz

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) é o maior produtor nacional de arroz, sendo responsável por mais de 60% da produção deste cereal no Brasil, possuindo também a responsabilidade em produzir e ofertar sementes de qualidade aos orizicultores. A oferta de sementes no estado gaúcho, principalmente da classe certificada, tem aumentado ao longo dos anos, sinalizando o incremento da demanda deste produto e também a maior conscientização e o uso de sementes de alta qualidade física e genética. Mesmo com o avanço registrado na produção de sementes certificadas, conforme dados da Associação Brasileira de Sementes e Mudas (ABRASEM), a taxa de utilização de sementes de arroz no Rio Grande do Sul, na safra 2012/2013, foi de apenas 42% (FERREIRA, 2014).

Realizando uma previsão para a safra 2014/2015, projetando-se também a oferta de sementes S1 e S2 e de híbridos, de acordo com Ferreira (2014), estima-se a oferta potencial de sementes para o Rio Grande do Sul de aproximadamente 74% sobre o total da área a ser cultivada com arroz irrigado. Supondo-se que toda esta semente fosse semeada nas lavouras gaúchas e não havendo sobras, para uma área semeada de aproximadamente 1.100.000 ha, ainda haveria 286.000 ha (26% da área) sem oferta de sementes das classes certificadas e não certificadas.

Salinidade nos solos

A salinização dos solos agrícolas é uma preocupação mundial não somente em relação ao cultivo em regiões áridas e semiáridas que são naturalmente salinizadas, mas especialmente quanto às terras irrigadas nas quais a água é o agente transportador de sais pelo perfil do solo (ASHRAF *et al.*, 2008). Em todo o mundo, os solos salinos são representados por 397 milhões de hectares (MUNNS, 2002), e estima-se que, mais de 6% dos solos mundiais e 30% das áreas irrigadas possuam problemas de salinização, sobretudo, em razão da intensa evapotranspiração, baixas precipitações

pluviais, qualidade da água de irrigação e manejo inadequado do sistema de irrigação (VEATCH *et al.*, 2004; BRILHANTE *et al.*, 2007).

A degradação ambiental do solo pela salinidade é um problema muito antigo e de extensão mundial, sendo, geralmente, mais pronunciado nas regiões áridas e semi-áridas do globo terrestre. Salinização é o processo pelo qual sais solúveis se acumulam ao longo do perfil do solo. Os sais solúveis que contribuem efetivamente para salinizar o solo consistem, normalmente, em várias proporções de cátions de sódio (Na^{++}), cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{+}) e dos ânions cloreto (Cl^{-}), sulfato (SO_4^{-}), bicarbonato (HCO_3^{-}) e, às vezes, carbonato (CO_3^{-}). A salinidade dos solos é caracterizada por dois aspectos únicos: baixos potenciais osmóticos e altas concentrações de sódio e outros íons específicos (Cl^{-} , SO_4^{-} , HCO_3^{-} , etc.), que podem ser tóxicos às plantas (TOPPA e BRAMBILLA, 2011).

A origem dos problemas de salinidade se confundem com a própria formação dos solos, que é um produto da intemperização das rochas, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo (DIAS, 2004). A salinidade é um problema que atinge cerca de 45 milhões (19,5%) dos 230 milhões de hectares de área irrigada do globo terrestre. O excesso de sais limita severamente a produção agrícola principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde cerca de 25% da área irrigada encontra-se salinizada (FAO, 2000).

A gênese de solos salinos (halomorficos) está associada grandemente à formação geológica predominante na paisagem e à drenagem. O homem, como eterno modificador de ambientes, contribui decisivamente para acelerar ou diminuir o processo.

A formação de solos salinos ou sódicos tem duas origens fundamentais: naturais (*In situ*, bacias fechadas e marinho) e as induzidas, é o caso da origem dos problemas de sais em área irrigadas, que surge geralmente devido ao inadequado manejo do solo e da água nos terrenos agrícolas sob irrigação. Além disso, a salinização pode ser causada pela aplicação de fertilizantes, de forma excessiva e parcelada ao longo do ciclo natural, induzindo o sistema radicular ao estresse osmótico (SOUSA, 2006).

O acúmulo de sais no solo afeta tanto a química como a física do solo. Em geral as propriedades químicas dos solos são determinadas pelos tipos e quantidades de sais neles presentes. No processo de salinização, ocorre o aumento gradual da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e os valores de pH, dependendo do tipo de sais presentes, podem alcançar valores até 8,5 (SOUSA, 2007).

Os efeitos negativos da salinidade podem prejudicar a própria estrutura do solo, pois a absorção de sódio pelo solo, proveniente de águas dotadas de elevados teores deste elemento, poderá provocar a dispersão das frações de argila e, conseqüentemente, diminuir a permeabilidade do solo (LIMA Jr e SILVA, 2010).

A salinidade do solo é expressa por condutividade elétrica da fase líquida do solo (solução do solo). Quanto mais sais, maior a condutividade elétrica. Segundo EMBRAPA (1999), o caráter salino corresponde a condutividade elétrica maior ou igual a 4 e menor que 7 dS.m⁻¹ (a 25 °C), salientando-se que o Siemen (S) é a unidade de condutância elétrica do Sistema Internacional de Unidades.

No Brasil, a área afetada pelo estresse salino corresponde a aproximadamente 2% da área total (MENEZES-BENAVENTE *et al.*, 2004), sendo grande obstáculo à produtividade das lavouras. No Rio Grande do Sul, o sistema de irrigação ocorre principalmente por inundação e a água usada para irrigação provém de rios abastecidos por lagoas costeiras, podendo conduzir à salinização dos solos que possuem drenagem inadequada, impedindo a remoção do sal por lixiviação.

No Rio grande do Sul, os solos, de uma maneira geral, estão pouco sujeitos à salinização, mesmo os que apresentam deficiências de drenagem subterrânea, devido ao volume de água das chuvas suficiente para lixiviar os sais solúveis acumulados, especialmente o cloreto de sódio. No caso das lavouras irrigadas das Planícies Costeiras à Laguna dos Patos, da região Sul e Litoral Norte do RS, entretanto, problemas de salinidade do solo ocorrem, inclusive devido à gênese daqueles solos, que são formados por sedimentos costeiros. Os depósitos sedimentares verificados nas planícies costeiras do Estado relacionam-se aos quatro últimos grandes eventos transgressivos – regressivos do período quaternário (VILLWOCK e TOMAZELI, 1995).

A irrigação de lavouras de arroz no Rio Grande do Sul com água salina provenientes de rios litorâneos, lagoas e da própria Laguna dos Patos é outro fator que contribui para a salinidade dos solos da região. O acúmulo de sais no solo, dependendo da concentração, pode prejudicar o estabelecimento da lavoura no ano seguinte, caso o excesso de sódio remanescente não seja removido. Nessas regiões, predominam o Planossolo Hidromórfico típico (Unidade de Mapeamento Vacacaí) e o Planossolo Hidromórfico solódico (Unidade de Mapeamento Pelotas) (PINTO *et al.*, 2004 *apud* CARMONA, 2011).

A laguna dos Patos situa-se entre 30° e 32° de latitude sul, no Estado do Rio Grande do sul, e é a maior laguna costeira do Brasil, possuindo 250 km de comprimento e uma largura média de 40 km. Caracteriza-se por ser um corpo de águas rasas, com profundidade média de 5 m, conectando-se ao oceano Atlântico, no Município de Rio Grande, através de um canal com 22 km de extensão, 2 km de largura e 12 m de profundidade, em média, sendo considerada do tipo estrangulada (KJERFVE, 1986). É responsável pela drenagem hídrica de metade da área do Estado (cerca de 200.000 km²), recebendo aportes de diversos rios, principalmente o Camaquã e o Guaíba, e da Lagoa Mirim. Juntamente com o Rio da Prata, constitui a única fonte de água doce para a região costeira adjacente (CASTELLO e MOLLER Jr, 1977). O estuário da Laguna dos Patos, em sua porção meridional, ocupa cerca de 10% da superfície total da laguna. O canal que conecta o estuário ao mar atua como um filtro amortecedor, confinando grande parte da influência de maré na porção afunilada do estuário e atenuando fortemente sua amplitude (FERNANDES *et al.*, 2004 *apud* CARMONA, 2011).

Embora não seja um problema que ocorra em todos os anos, a salinidade da Laguna dos Patos pode ocorrer com certa frequência nos meses de janeiro e fevereiro, devido à menor precipitação hídrica, coincidindo com a fase reprodutiva da cultura do arroz (MARCOLIN *et al.*, 2005 *apud* CARMONA *et al.*, 2011). Em monitoramento realizado em diferentes pontos de captação de água da Laguna dos Patos para irrigação do arroz, entre os anos de 2005 e 2007, FRAGA *et al.* (2007) observaram grande amplitude de valores de condutividade elétrica, tanto na Planície Costeira Interna, quanto na Externa, com mínimas abaixo de 0,5 dS m⁻¹ e máximas acima de 6,0 dS m⁻¹, valor este

superior ao tolerável para cultura do arroz irrigado, que é de 2,0 dS. m⁻¹ (SOSBAI, 2010).

Estima-se que no Rio Grande do Sul na faixa litorânea, existem manchas de solos de distintas dimensões, que ocupam uma área aproximada de 200.000 hectares, que apresentam concentrações elevadas de sais solúveis, com condutividade elétrica de 3 a 10 Mmhos.cm⁻¹ à 25 °C, que poderiam ser melhor aproveitadas com o cultivo de arroz, se o problema da salinização fosse corrigido. Em determinados anos, a água que chega às lavouras de arroz de Pelotas pode conter teores de cloretos na ordem de 0,2% a 0,5%, conforme análises realizadas pela extinta SUDESUL (EPAGRI, 1997).

Segundo Carmona (2011), por ser uma cultura, cujas principais cultivares são sensíveis à salinidade, o arroz causa preocupação com a crescente salinização das águas da Laguna dos Patos. O problema que afeta as lavouras de arroz nas regiões da Planície Costeira Externa e Interna, e Zona Sul do Estado. Na safra 2008/2009, os municípios mais atingidos foram Pelotas, Turuçu e São Lourenço do Sul, com aproximadamente, 10 mil hectares de área afetada. Já na Planície Costeira Externa, os municípios de Mostardas e Tavares foram atingidos em 10.600 hectares.

Existem duas formas de minimizar os problemas da salinidade de acordo com as explicitações de Gheyi (2000): 1) selecionar criteriosamente as culturas ou cultivares que possam produzir satisfatoriamente sob condições de salinidade, isto é, melhorar as plantas, visando à adaptação ao solo; e 2) adotar práticas adequadas de manejo do solo, para reduzir ao máximo a salinidade e proteger as plantas, ou seja, melhorar o solo para atender à tolerância das plantas.

A lavoura arrozeira na Planície costeira da região sul do Brasil, comumente sofre perdas elevadas devido à salinização da água de irrigação, podendo causar prejuízos diretos como a redução de produção da lavoura. Salienta-se que solos já com processo de salinização avançado não permitem o aproveitamento de grande parte destes para o cultivo de arroz.

Efeitos da salinidade sobre as sementes

Para que as sementes germinem é necessário que existam condições favoráveis de luz, temperatura e disponibilidade de água (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Mas, nem sempre essas condições são adequadas, especialmente em solos salinos e sódicos.

A disponibilidade hídrica no substrato das sementes é geralmente um fator limitante para a germinação de sementes não dormentes, o que afeta a porcentagem, velocidade e a uniformidade do processo, pois a água está associada à mobilização de reservas e liberação de energia através da respiração, com papel importante na atividade enzimática, reguladores de crescimento e diluição do protoplasma com a retomada do crescimento do embrião pela ativação de seu metabolismo (MARCOS FILHO, 2005).

A velocidade de absorção de água pela semente varia com a estrutura da semente, permeabilidade das membranas celulares, concentração de água, temperatura, pressão hidrostática, área de contato da semente com a água e forças intermoleculares (POPINIGIS, 1985). Por serem higroscópicas, as sementes cedem ou captam água do substrato com maior ou menor velocidade, de modo que o processo de hidratação é dependente do gradiente hídrico entre a semente e o meio externo. A redução da germinação das sementes submetidas ao estresse hídrico é atribuída à redução da atividade enzimática, a qual promove menor desenvolvimento meristemático (SANTOS *et al.*, 1992).

A salinidade influencia significativamente a resposta germinativa da semente. O excesso de sais solúveis provoca uma redução do potencial hídrico do solo, induzindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes. Esta redução do potencial hídrico e os efeitos tóxicos dos sais interferem inicialmente no processo de absorção de água pelas sementes, influenciando na germinação (CAVALCANTE e PEREZ, 1995). O alto teor de sais no solo, especialmente de cloreto de sódio, pode inibir a germinação, primariamente, em razão do efeito osmótico (FANTI e PEREZ, 1996). Também, o incremento na concentração salina produz um aumento na porcentagem de plântulas anormais, em virtude da ação tóxica dos sais sobre as sementes (CAMPOS e ASSUNÇÃO, 1990).

A germinação e o vigor das sementes também podem ser avaliados em condições de estresse salino (deficiência hídrica) provocado por soluções de NaCl, KCl ou CaCl₂ (MACHADO NETO *et al.*, 2006). As maiores concentrações das soluções provocam efeitos mais acentuados em sementes com baixo vigor (BRACCINI *et al.*, 1996; MORAES e MENEZES, 2003).

Em campo, o excesso de sais solúveis, além de alterar o potencial hídrico do solo, age de forma tóxica para o embrião e influencia a germinação (FONSECA e PEREZ, 1999). Na produção agrícola, a germinação das sementes é a etapa fundamental, pois dela depende o estabelecimento das culturas. A ocorrência de uma quantidade excessiva de sais no substrato acarreta a diminuição do potencial osmótico do solo (PRISCO, 1978), provocando uma redução na quantidade de água absorvida pela semente, o que afeta significativamente seu processo germinativo (ALMEIDA *et al.*, 2001).

A salinidade é um dos mais importantes fatores de estresse abiótico, afetando diversos aspectos da fisiologia e bioquímica das plantas, reduzindo significativamente seus rendimentos. Altas concentrações exógenas de sal afetam a germinação das sementes, causando déficit hídrico e desequilíbrio iônico nas células, resultando em toxicidade e estresse osmótico (KHAN e PANDA, 2008). Condições de elevada salinidade podem ser causadas por diversos fatores, como práticas inadequadas de irrigação, inundação do solo pela água do mar em regiões costeiras, como também depósito de altas concentrações de cloreto de sódio em regiões com recente história geológica marinha (TESTER e DAVENPORT, 2003).

O aumento da concentração salina reduz o potencial osmótico da solução, diminuindo o potencial hídrico associado aos efeitos tóxicos dos sais interferem inicialmente no processo de absorção de água pelas sementes, influenciando na germinação (TOBE e OMASA, 2000 *apud* KLAFKE *et al.*, 2012).

O efeito tóxico dos sais sobre os tecidos vivos da semente em processo de germinação é mais intenso nos tecidos do eixo embrionário, os quais possuem células bastante sensíveis à salinidade (DANTAS *et al.*, 2003). A restrita absorção de água dada pelo gradiente osmótico afeta diretamente o desenvolvimento do embrião, o qual depende de processos de divisão e expansão (turgescência) celulares.

A concentração elevada de sais aumenta o potencial osmótico no substrato, que reduz a disponibilidade de água para as plantas, afetando diretamente a velocidade de emergência (VERSLUES *et al.*, 2006). Segundo Cavalcante e Perez (1995), a diminuição do processo de absorção de água e a entrada de íons em quantidade suficiente para provocar toxicidade às sementes, especialmente o NaCl, são apontadas como as principais causas da redução da velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e, com isso, as plântulas resultantes desse meio, com menor grau de umidade, apresentam menor desenvolvimento.

O primeiro efeito mensurável do estresse hídrico/salino é a diminuição no crescimento, causada pela redução da expansão celular ocasionada pela seca fisiológica produzida e ao efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma (TOBE e OMASA, 2000 apud KLAFKE *et al.*, 2012). Esse efeito deve-se ao fato de as sementes serem sensíveis à salinidade e, na semeadura em soluções salinas, observa-se inicialmente diminuição na absorção de água e redução da taxa de desenvolvimento, resultando em folhas menores e em menor número (FERREIRA e REBOUÇAS, 1992).

A presença de níveis mais elevados de íons em plantas não halófitas (menos tolerantes à deficiência hídrica), pode exercer efeitos adversos na permeabilidade das membranas celulares (GREENWAY e MUNNS, 1980); ocasionando assim redução do processo germinativo em condições de níveis elevados de estresse salino, ressaltando que esses níveis são variáveis com a espécie.

No caso da semeadura em substratos artificiais, sua escolha deve ser feita levando em consideração a constituição física, química e biológica, que podem afetar o processo germinativo (BARBOSA *et al.*, 1985), principalmente quando os substratos apresentam sais de alta solubilidade em sua constituição química, para que a germinação não seja severamente prejudicada (FERREIRA, 1997).

Um dos métodos mais difundidos para determinação da tolerância das plantas ao excesso de sais é a observação da porcentagem de germinação em substratos salinos (LIMA e TORRES, 2009). O aumento dos níveis de cloreto de sódio faz com que sementes de azevém entrem em dormência (KLAFKE *et al.* 2012).

Efeito da salinidade sobre as plantas

A salinidade é um fator limitante para o desenvolvimento e produtividade de plantas (ALLAKHVERDIEV *et al.* 2000 *apud* ESTEVES E SUZUKI 2008) e afeta o desempenho das plantas através do déficit de água, toxicidade provocadas por íons, desequilíbrio nutricional (MUNNS e TERMAAT 1986) e indiretamente mediando competições inter-específicas (PENNINGGS e CALLAWAY 1992).

Os efeitos da salinidade nas plantas podem ser por dois motivos: efeito osmótico e o efeito iônico, o efeito osmótico se dá pelo baixo potencial osmótico em volta das raízes, conseqüentemente todo o balanço hídrico é afetado; já o efeito iônico se dá por toxicidade específica de altas concentrações de alguns íons como Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} . (TAIZ e ZEIGER, 2004),

Durante o efeito da salinidade, determinados processos são danificados, tais como: síntese de proteínas, metabolismo de lipídios e fotossíntese. Uma das respostas iniciais é a redução da expansão da superfície foliar, acompanhado de uma intensificação do estresse (WANG e NIL 2000). Este efeito promove redução nas concentrações de carboidratos que são a base necessária para o desenvolvimento celular.

A tolerância à salinidade de plantas é a capacidade de desenvolverem e completarem seu ciclo de vida sob um substrato que contem elevada concentração de sais solúveis (FLOWERS *et al.*, 1977; GREENWAY e MUNNS 1980). Plantas que podem tolerar estas elevadas quantidades de sais na rizosfera sem afetar seu crescimento são denominadas halófitas (FLOWERS *et al.*, 1977). Já plantas que não conseguem desenvolver-se sob o substrato com elevado conteúdo de sais solúveis são as glicófitas (CHEESEMAN, 1988). A vantagem das halófitas sobre as glicófitas advém da melhor atuação em novos mecanismos de tolerância, que proporcionam um manejo mais eficiente em acumular e compartimentar os solutos.

Enquanto plantas halófitas são capazes de crescer em solos com concentrações de sais de até 20%, as glicófitas, que envolvem a maioria das plantas cultivadas, têm seu crescimento inibido em concentrações da ordem de 0,3% a 0,5%. A tolerância de plantas à salinidade é variável em função do ciclo fenológico ou do seu estágio de desenvolvimento. Espécies como sorgo, milho,

feijão e trigo são menos afetadas durante a fase inicial do seu ciclo (MAAS *et al.*, 1986), entretanto, outras espécies, são bastante sensíveis durante a floração e a frutificação.

As plantas ampliaram seus mecanismos bioquímicos e moleculares para tolerar o estresse salino através de produtos e processos alternativos. Estes mecanismos atuam unidos (IYENGAR e REDDY, 1996 *apud* ESTEVES e SUZUKI, 2008). As estratégias bioquímicas utilizadas incluem acumulação ou exclusão seletiva de íons, controle de entrada de íons pelas raízes e transporte para as folhas, compartimentalização de íons a nível celular (vacúolos) e estrutural (folhas), síntese de osmólitos, alterações nas vias fotossintéticas, modificações na estrutura de membrana, indução de enzimas antioxidantes e hormônios.

A absorção de água pelas raízes das plantas por osmose é um processo que envolve o movimento da água de um local com baixa concentração de sais, como o solo, para locais de alta concentração de sais, no interior das células das raízes. Conforme aumenta a concentração de sais no solo, o movimento da água da solução para as raízes diminui. Já, se a concentração de sais é mais alta no solo em relação ao interior das raízes, o sentido de movimento é invertido podendo causar a dessecação de plantas e até a morte. O prolongado estresse hídrico causa murchamento semelhante ao ocasionado pela seca, com as folhas do arroz apresentando coloração verde-azulada, espessamento e maior cerosidade (AYERS e WESTCOT, 1985).

Os efeitos negativos da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas estão relacionados, principalmente, à diminuição da transpiração, pela sua alta correlação com o índice de área foliar (ASCH *et al.*, 2005), o que ocasiona redução da assimilação da radiação fotossinteticamente ativa para a produção de biomassa (MONTEITH, 1994). A redução no desenvolvimento das plantas com o aumento da salinidade pode ser atribuída também, a alterações na partição de fotoassimilados (ZENG *et al.*, 2003), devido ao aumento dos processos de consumo de energia, tais como ajuste osmótico e processos de transporte ativo de íons pelo excesso de sais na planta (ASCH *et al.*, 2000)

Nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade, bem como, a adaptação ao estresse salino varia entre espécies e em um mesmo genótipo pode variar entre estádios fenológicos (MORALES *et al.*,

2001). Desta forma, os efeitos da salinidade são manifestados na redução das taxas de germinação e de crescimento, diminuição do rendimento, e, em certos casos severos, podem causar a morte generalizada das plantas (BERNARDO *et al.*, 2005). De acordo com Maas (1993), muitas culturas são susceptíveis a danos durante a emergência no solo e durante o crescimento inicial da plântula. Uma vez estabelecidas, as plantas aumentam a tolerância durante nos estádios de crescimento seguintes.

A sensibilidade aos diferentes níveis de estresse pode variar de genótipo para genótipo e em função do tempo de exposição ao mesmo. Durante o condicionamento osmótico ocorrem incrementos no teor de proteínas solúveis e enzimas específicas, segundo Smith e Cobb (1991), o que proporciona maior concentração de solutos, podendo resultar em crescimento mais rápido e maior acúmulo de biomassa. Porém, este comportamento é mais recorrente em concentrações salinas menores, não tóxicas, o que pode explicar a menor redução no comprimento da parte aérea e produção de massa nas concentrações mais baixas de sal para os genótipos estudados.

Segundo Kramer e Boyer (1995), em condições estressantes, ocorre inibição do crescimento da parte aérea, enquanto as células das raízes continuam alongando, resultando em incremento na relação raiz/parte aérea. O crescimento da raiz sob condições de baixo potencial de água no solo é o produto dos elevados níveis de ABA endógeno (SHARP e LENOBLE, 2002).

Tem-se observado que o estresse salino prejudica o desenvolvimento de plantas, por reduzir a expansão da superfície foliar e diminuir consideravelmente a biomassa fresca e seca de folhas e raízes (CHARTZOULAKIS e KLAPAKI, 2000). O aumento da salinidade é acompanhado de reduções significativas em massa da parte aérea, altura da planta e número de folhas por planta (MOHAMMAD *et al.*, 1998).

Os efeitos da salinização sobre o crescimento e a distribuição de reservas nas plantas tem sido bem compreendidos. Ainda que a mudança na concentração de sais do meio ocasione declínio no crescimento, a contribuição de processos subsequentes, como divisão, expansão e aceleração da morte celular, ainda não foi bem elucidada (HASEGAWA *et al.*, 2000).

Pesquisas com diferentes espécies têm demonstrado o efeito negativo da salinidade sobre o crescimento das plantas. Há exemplos, em pepino

(TORRES *et al.*, 2000), em trigo (DUARTE *et al.*, 2006), melancia (TORRES, 2007), em feijão miúdo (DEUNER *et al.*, 2011), em girassol (HARTER *et al.*, 2014b), em mogango (HARTER *et al.*, 2014) e em arroz (LIMA *et al.*, 2005), dentre outros.

O efeito osmótico induz à deficiência hídrica nas plantas, provocando alterações morfológicas e anatômicas; dentre as mudanças morfológicas, destaca-se a redução do tamanho e do número de folhas (FAGERIA, 1989). Dessa forma, decréscimo da área foliar funciona como um mecanismo de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a sua superfície transpirante (TESTER e DAVENPORT, 2003).

A redução da área foliar com o aumento da salinidade se deve, provavelmente, ao mecanismo fisiológico de ajustamento osmótico. A maioria dos materiais com pouca tolerância, em condições altamente salinas, podem ser eliminados como critério de seleção e há recomendação que se eleve potencialmente os níveis de salinidade dos experimentos para identificar, por meio de descritores morfológicos, tais como altura da parte aérea, comprimento de raiz, área foliar, massa fresca da parte aérea e massa fresca de raiz, os genótipos mais tolerantes (LÄUCHLI e EPSTEIN, 1990).

Segundo Miller e Donahue (1990), altas concentração de sais aumentam a retenção desta água no solo e esta se torna cada vez menos acessível para as raízes das plantas. Sais na solução do solo forçam a planta a “gastar” mais energia para absorver água e excluir os excessos de sal dos locais metabolicamente ativos.

Segundo Subbarao *et al.* (2003), o íon sódio (Na^+) é considerado um elemento funcional (a ausência do nutriente pode interromper funções do metabolismo inibindo o crescimento vegetal) e vital para plantas com metabolismo C4. O Na^+ desempenha importante papel na assimilação de carbono, através de sua atuação na regeneração do fosfoenolpiruvato (PEP) e absorção de nitrato (OHTA *et al.*, 1989; SUBBARAO *et al.*, 2003). Além destas atribuições, este íon pode desempenhar funções conferidas ao íon potássio, como manutenção do turgor celular (FLOWERS e LÄUCHLI, 1983) e controle da abertura estomática (SUBBARAO *et al.*, 2003).

O íon cloro (Cl^-) é um micronutriente para plantas. É o principal ânion com atividade osmótica no vacúolo, estando envolvido com a manutenção do

turgor e osmorregulação. Também está vinculado ao fluxo iônico de membranas estabilizando seu potencial, regulando o gradiente de pH e excitabilidade elétrica (WHITE e BROADLEY, 2001).

No caso de uma toxicidade de Na^+ ocorre um “desequilíbrio” na relação Na^+ e K^+ , juntamente com altas concentrações de sais totais, inativa enzimas e inibe a síntese protéica, alterando a relação lipídeo/proteína da membrana plasmática, conseqüentemente ocorrendo uma mudança na permeabilidade.

A fotossíntese é inibida em altas concentrações de Na^+ e/ou Cl^- acumulam-se nos cloroplastos. Uma vez que o transporte de elétrons na fotossíntese parece ser relativamente insensível a sais, o metabolismo do carbono ou a fotofosforilação podem ser afetados (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Os efeitos da salinidade podem levar a morte das plantas ou provocar distúrbios nutricionais, refletindo-se principalmente sobre a altura, área foliar, e o acúmulo de matéria fresca e matéria seca, tanto da parte aérea como das raízes. Tais efeitos são reflexos, dentre outros fatores, de redução na fotossíntese (BOHRA e DOERFFLING, 1993), respiração (SCHWARZ e GALE, 1981), transpiração (BHIVARE e CHAVAN, 1987), além de um desequilíbrio hídrico e iônico no interior da planta (GREENWAY e MUNNS, 1980) e efeitos de toxicidade (NEUE *et al.*, 1998).

As plantas minimizam o dano pelo sal ao excluí-lo de meristemas, em particular na parte aérea, e de folhas que estão se expandindo de forma ativa e fotossintetizando. Em plantas sensíveis ao sal, a resistência a níveis moderados de salinidade no solo depende em parte da capacidade das raízes de impedir que íons potencialmente prejudiciais alcancem as partes aéreas. (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Salinidade e a cultura do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) constitui uma importante gramínea cultivada no Brasil, sendo consumido das mais variadas formas, aportando na alimentação humana um alto conteúdo de calorias e proteínas, além, de vitaminas e minerais. Entretanto, a qualidade da água usada na irrigação pode limitar o cultivo em algumas áreas (ALMEIDA *et al.*, 2001).

Na tentativa de solucionar os problemas resultantes da salinização dos solos, três alternativas têm sido apresentadas: (1) recuperação dos solos inutilizados ou em via de inutilização; (2) desenvolvimento de melhor manejo do solo e da água; (3) desenvolvimento de plantas tolerantes ao excesso de sais no solo e na água de irrigação. As duas primeiras alternativas envolvem grandes investimentos. Em função da variabilidade genética entre os genótipos de arroz em relação à salinidade, a última alternativa provavelmente venha a oferecer os melhores resultados.

De acordo com Richards (1974), o arroz é medianamente tolerante a salinidade, suportando níveis de salinidade na faixa de 6 a 10 dSm^{-1} . No entanto, Macêdo (1988), em estudo sobre a relação entre a condutividade elétrica (CE) e a produtividade de diversas culturas, observou, para a cultura do arroz, que a partir da concentração de 4 dS.m^{-1} , a produtividade teve um decréscimo de 12%, chegando a 50% com uma concentração igual a 7 dSm^{-1} . O autor salientou que esses números não são absolutos porque a sensibilidade ou a tolerância das plantas depende de suas características genéticas, das condições climáticas e do tipo de sal predominante. De acordo com estudos realizados por Scardaci *et al.* (1996), a produção de grãos de arroz das cultivares estudadas, decresceram quando a CE excedeu a 2 dSm^{-1} . Concordando com Macêdo (1988) e Jacob Jr *et al.* (2002) ao afirmarem que diferentes cultivares podem apresentar comportamentos diferentes ao serem submetidas a diferentes níveis de NaCl.

O cultivo do arroz em solos afetados pela salinidade é justificado pelo fato dessa planta resistir a inundação, o que favorece as lavagens do solo. (PORTA e LÓPEZ-ACEVEDO, 1987). O arroz é a principal cultura utilizada em solos com excesso de sódio, em processo de recuperação nos países tropicais (HOLANDA, 1996). A alternativa econômica mais viável para utilizar áreas com problemas de salinização dos solos é o uso de variedades tolerantes (GHEYI *et al.*, 1987).

No arroz irrigado, a germinação de sementes em água com altos teores de sais poderia promover melhor desempenho das plantas durante os períodos críticos a salinidade (RODRIGUES *et al.*, 2005); isso é possível somente após as plantas sofrerem a adaptação por aclimatação que consiste em um processo no qual as sementes ou mudas são submetidas a algum fator

limitante, o que facilita a adaptação das plantas, em fases posteriores ao mesmo estresse imposto (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Gomes *et al.* (2000) ressaltaram que o cultivo do arroz sob inundação ajuda a recuperar os solos salinos, ocasionando a diminuição da salinidade (CE do extrato saturado do solo), da porcentagem de sódio trocável e do pH, principalmente na camada superficial (0 a 20 cm), independente do emprego dos condicionadores químicos ou orgânicos. Mas sabe-se que isso só é possível se a água de irrigação for de boa qualidade e se houver uma drenagem adequada.

Há situações em que é difícil manter uma baixa salinidade no solo, de modo econômico, como nos casos da água da fonte de irrigação ser de pouca profundidade do lençol freático, da deficiência na permeabilidade do solo, do alto custo inicial da drenagem e da recuperação do solo, dentre outros. Nesses casos, a seleção adequada de espécies e variedades de plantas que possam tolerar e produzir na presença de sais, e ou a adequação de práticas culturais em condições de solos salinos para minimizar os efeitos dos sais, podem se constituir em fator decisivo do êxito agrícola (MACÊDO, 1988).

Estudos realizados por Marassi *et al* (1989) para avaliar 81 cultivares e nove linhagens locais de arroz quanto à tolerância à salinidade e alcalinidade associadas aos fatores climáticos, mostraram que os materiais eram mais tolerantes na fase reprodutiva do que na fase vegetativa. Estudando 100 genótipos de arroz submetidos a quatro diferentes potenciais osmóticos (0;-0,4; -0,8 e -1,2 M.Pa), Melo *et al.* (1995) concluíram que o potencial de -1,2M.Pa interferiu negativamente na germinação dos genótipos avaliados. De acordo com Melo (1997), genótipos de arroz que apresentam sensibilidade à salinidade na fase de germinação, podem ser tolerantes na fase vegetativa.

Três cultivares de arroz foram avaliados sob níveis de salinidade de 0; 2; 4; 6 e 8 mS.cm⁻¹ na germinação, na floração, na diferenciação da panícula e na colheita (ASCH e WOPEREIS, 2001). O aumento da condutividade elétrica reduziu a taxa de germinação na cultivar mais sensível em mais de 50% e em 80% a produção, sob o nível maior de salinidade.

A tolerância do arroz à salinidade varia conforme o estágio de desenvolvimento da cultura, sendo as fases de plântula e florescimento críticas. Quando em níveis acima do tolerável, a salinidade da água ocasiona perdas no

estabelecimento de estande e diminuição do perfilhamento, clorose, morte de folhas e diminuição da estatura de plantas, além de aumentar a esterilidade das espiguetas e o número de perfilhos não produtivos (CARMONA *et al.*, 2011).

Os programas de melhoramento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul foram desenvolvidos, em sua maioria, em condições de salinidade baixa ou nula. Portanto, não se espera haver genótipos resistentes entre os cultivares produzidos (MARCOLIN *et al.*, 2005 *apud* CARMONA *et al.*, 2011).

A variedade IRGA 417, por exemplo, pode ser considerada sensível, pois apresentou 65% de espiguetas estéreis sob irrigação contínua com água salinizada na concentração de 0,2% de NaCl, a partir da diferenciação do primórdio floral (MARCOLIN E MACEDO, 2001 *apud* CARMONA *et al.*, 2011).

A cultivar BRS Bojuru, por outro lado, apresentou incremento linear na matéria seca das raízes com o incremento da salinidade, o que foi atribuído a habilidade de alocar mais assimilados ao sistema radicular, de modo a superar o excesso salino. Isso faz com que essa cultivar tenha maior relação raiz/parte aérea, pois enviam menos assimilados à parte aérea em comparação às raízes (LIMA *et al.*, 2005). Esses mesmos autores constataram que nos outros materiais estudados, que foram considerados sensíveis, a relação raiz/parte aérea decresceu com o aumento da concentração salina, pois houve maior efeito prejudicial sobre as raízes em relação à parte aérea, pelo contato direto com a água salina.

Em níveis acima do tolerável, a salinidade da água ocasiona diminuição do perfilhamento e aumento da esterilidade das espiguetas (EHRLER, 1960). Vários estudos, com diferentes genótipos e em diferentes locais e ambientes (FAGERIA, 1991; GRATTAN *et al.*, 2002; MELO *et al.*, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2005; ZENG *et al.*, 2001) demonstraram relação linear entre o aumento dos níveis de salinidade e a diminuição do número de perfilhos, além do aumento do número de perfilhos não produtivos (CASTILLO *et al.*, 2007).

O efeito do excesso de sais sobre a transpiração das plantas deve ser considerado como um dos principais fatores que determinam a resposta da planta ao estresse, uma vez que a eficiência no consumo de água determinará a absorção de nutrientes e de íons tóxicos, como o próprio sódio, prejudicando o desenvolvimento das plantas, já que o arroz é afetado pela excessiva

absorção desse íon pelos tecidos fotossinteticamente ativos, o que leva a perdas em rendimento. No período reprodutivo do arroz, a salinidade causa alterações morfológicas semelhantes à de outros estresses ambientais, que causam inibição do crescimento de estruturas das plantas, como a degeneração das espiguetas (CUI *et al.*, 1995). Nessas circunstâncias, a esterilidade de espiguetas é um parâmetro que se relaciona negativamente com o rendimento de grãos da cultura (KATHUN *et al.*, 1995).

Embora o tema já venha sendo estudado, ainda restam dúvidas com relação às consequências na produção quando a cultura é submetida a esse estresse abiótico. Com relação à qualidade de sementes produzidas sob estresse salino, a literatura torna-se mais precária, pois não se sabe em que momento do desenvolvimento a salinidade interfere na qualidade das sementes produzidas, e nem qual seu grau de comprometimento.

PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ARROZ EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE POR SALINIDADE

RESUMO

A presente pesquisa teve o objetivo de avaliar a produção de sementes de arroz de cinco cultivares em condições de estresse salino causado pela água de irrigação. O trabalho na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas. Foram utilizadas cinco cultivares de arroz: IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa). Para o experimento realizado em campo, utilizou-se inicialmente as seguintes concentrações de salinidade: zero (0,0g de NaCl L⁻¹), 12,5 mM (0,731g de NaCl L⁻¹), 25 mM (1,4625g de NaCl L⁻¹), 37,5 mM (2,194g de NaCl L⁻¹), 50 mM (0,936g de NaCl L⁻¹), 75 mM (4,3875g de NaCl L⁻¹) e 100 mM (5,85g de NaCl L⁻¹). No laboratório de análise de sementes, com as mesmos lotes de sementes utilizados na semeadura do experimento em campo, foram avaliadas as seguintes variáveis: teste de germinação, primeira contagem de germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado. Em outra etapa do experimento, foram avaliadas as seguintes variáveis (sob estresse salino): emergência em areia, índice de velocidade de emergência em areia, área foliar, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, fitomassa seca de parte aérea e massa seca de raiz. Após completar o ciclo da cultura, avaliaram-se as seguintes características agrônômicas em cada uma das plantas: número de panículas, peso total das panículas, peso total de sementes cheias, peso total de sementes chochas, porcentagem de sementes cheias, porcentagem de sementes chochas e peso de mil sementes. A qualidade fisiológica das sementes colhidas das plantas mantidas sob estresse da salinidade foi avaliada pelas variáveis: teste de germinação e primeira contagem de germinação. Conclui-se que a qualidade fisiológica de sementes de arroz apresenta redução com o aumento dos níveis de estresse salino; há redução na produção de sementes de arroz em condições de estresse salino; cultivares de arroz mostram respostas diferenciadas sob condições de estresse salino.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. estresse salino. qualidade fisiológica. característica agrônômica.

RICE SEED PRODUCTION IN TERMS OF STRESS BY SALINITY

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the production of rice seeds of five cultivars in salt stress conditions caused by irrigation water. The work at the Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas. Patients five rice cultivars: IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL and IAS 12-9 (Formosa). For the experiment conducted in the field, we used the following initial salinity concentrations: zero ($0.0 \text{ g NaCl L}^{-1}$), 12.5 mM ($0.731 \text{ g NaCl L}^{-1}$), 25 mM ($1.4625 \text{ g NaCl L}^{-1}$), 37.5 mM ($2.194 \text{ g NaCl L}^{-1}$), 50 mM ($0.936 \text{ g NaCl L}^{-1}$), 75 mM ($4.3875 \text{ g NaCl L}^{-1}$) and 100 mM ($5.85 \text{ g NaCl L}^{-1}$). In seed analysis laboratory with the same seed lots used in seeding the field experiment, the following parameters were evaluated: germination test, first count, cold test, accelerated aging. In another part of the experiment, the following variables were evaluated (under salt stress): emergency sand, emergency speed index in sand, leaf area, shoot length, root length, shoot dry mass and dry mass root. After completing the cycle, evaluated the following agronomic characteristics in each of the plants number of panicles, total weight of panicles, total weight of filled seeds, total weight of empty seeds, percentage of full seeds, percentage of empty seeds and thousand seed weight. The physiological quality of seeds harvested from plants grown under salinity stress was assessed by the variables germination and first count. We conclude that the physiological quality of rice seeds has reduced with increasing salt stress levels; there is a reduction in rice seed production in salt stress conditions; rice cultivars show different responses under salt stress.

Keywords: *Oryza sativa* L. saline Stress. physiological quality. agronomic characteristic.

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul apresenta área de cultivo de arroz irrigado de aproximadamente 1,1 milhão de hectares, sendo responsável por cerca de 60% da produção Nacional. No estado a produtividade média é de 7,2 t ha⁻¹, enquanto que a média do Brasil é de 5,1 t ha⁻¹ (CONAB, 2014).

Os solos do estado, de uma maneira geral, estão pouco sujeitos à salinização, mesmo os que apresentam deficiências de drenagem sub - superficial. Isto ocorre devido ao volume de chuvas suficiente para lixiviar os sais solúveis acumulados, especialmente o cloreto de sódio (CARMONA *et al.*, 2011).

No entanto, trabalhos realizados nos anos de 2008 e 2009 pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Instituto Riograndense do arroz (IRGA) observaram que na Planície Costeira Interna, a ocorrência de solos com níveis de salinidade potencialmente prejudiciais ao cultivo de arroz, se restringiu à porção sul dessa região, em algumas áreas localizadas nos municípios de Pelotas, Rio Grande e Tapes. Nestes casos, a salinidade do solo pode ser proveniente exclusivamente do aporte de água salinizada da Laguna dos Patos (CARMONA *et al.*, 2011).

A salinidade é um dos mais importantes fatores de estresse abiótico, afetando diversos aspectos da fisiologia e bioquímica das plantas, reduzindo significativamente seus rendimentos. Altas concentrações exógenas de sal afetam a germinação das sementes, causando déficit hídrico e desequilíbrio iônico nas células, resultando em toxicidade e estresse osmótico (KHAN e PANDA, 2008).

Em paralelo a este contexto, para que as sementes germinem é necessário que existam condições favoráveis de oxigênio, temperatura e disponibilidade de água (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Entretanto, nem sempre essas condições são adequadas, especialmente em solos salinos. Com o aumento da salinidade ocorre diminuição do potencial osmótico do solo, dificultando a absorção de água pelas raízes (AMORIM *et al.*, 2002; LOPES e MACEDO, 2008).

A tolerância de plantas à salinidade é variável em função do ciclo fenológico ou do estágio de desenvolvimento. Espécies como sorgo, milho, feijão e trigo são menos afetadas durante a fase inicial do seu ciclo (MAAS *et al.*, 1986), entretanto, outras espécies, são bastante sensíveis durante a floração e a frutificação (DEUNER *et al.*, 2011).

O arroz é tolerante à salinidade durante a germinação, mas muito sensível durante o estágio de plântula. A tolerância aumenta progressivamente durante o perfilhamento, até a espécie tornar-se novamente sensível no florescimento e tolerante durante o período de maturação dos grãos (SANTIAGO *et al.*, 2013). Já Carmona *et al.* (2011) afirmam que a tolerância do arroz à salinidade varia conforme o estágio de desenvolvimento da cultura, sendo as fases de plântula e florescimento críticas. Em níveis acima do tolerável, a salinidade da água ocasiona perdas no estabelecimento de estande, diminuição do perfilhamento, clorose e morte de folhas e diminuição da estatura de planta, além de aumentar a esterilidade das espiguetas e o número de perfilhos não produtivos.

Os sintomas mais comuns produzidos pela salinidade são a redução do crescimento, a ocorrência de branqueamento nas pontas das folhas, com a consequente morte, e, se a planta estiver próxima da fase reprodutiva, a ocorrência de panículas brancas e vazias na época da floração (SANTIAGO *et al.*, 2013).

O efeito do excesso de sais sobre a transpiração das plantas deve ser considerado como um dos principais fatores que determinam a resposta da planta ao estresse, uma vez que a eficiência no consumo de água determinará a absorção de nutrientes e de íons tóxicos, como o próprio sódio, prejudicando o desenvolvimento das plantas, já que o arroz é afetado pela excessiva absorção desse íon pelos tecidos fotossinteticamente ativos, o que leva a reduções em rendimento (CARMONA *et al.*, 2011).

A presente pesquisa teve o objetivo de avaliar a produção de sementes de arroz de cinco cultivares em condições de estresse salino gerado pela água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes Flávio Farias Rocha e em campo, em áreas didáticas da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel).

Foram utilizadas cinco cultivares de arroz: IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa).

Para o experimento realizado em campo, utilizaram-se inicialmente as seguintes concentrações de salinidade: zero, 25 mM (1,4625g de NaCl L⁻¹), 50 mM (0,936g de NaCl L⁻¹), 75 mM (4,3875g de NaCl L⁻¹) e 100 mM (5,85g de NaCl L⁻¹).

Com o decorrer do tempo verificou-se que as plântulas irrigadas com as concentrações mais elevadas de NaCl L⁻¹ estavam apresentando sintomas de encarquilhamento, pontas queimadas e algumas já quase que mortas, ainda na fase de plântula. Para dar seqüência aos testes e verificar as melhores concentrações, realizou-se um transplante para se obter um maior número de concentrações e um maior número de plântulas normais, que resistissem aos tratamentos e completassem o ciclo da cultura. Este transplante só foi possível de ser realizado porque no momento da semeadura foram semeadas oito sementes por balde onde, posteriormente seria realizado o desbaste deixando uma única plântula por balde. O transplante foi realizado da seguinte forma: as plântulas da concentração zero foram utilizadas para uma concentração intermediária entre a concentração zero e a concentração 1 e, as plântulas da concentração 1, foram utilizadas para uma concentração intermediária entre a concentração 1 e a concentração 2. Tal transplante foi realizado aproximadamente 20 dias após semeadura.

Como conseqüência as concentrações de salinidade ficaram da seguinte forma: zero, (0,0g de NaCl L⁻¹), 12,5 mM (0,731g de NaCl L⁻¹), 25 mM (1,4625g de NaCl L⁻¹), 37,5 mM (2,194g de NaCl L⁻¹), 50 mM (0,936g de NaCl L⁻¹), 75 mM (4,3875g de NaCl L⁻¹) e 100 mM (5,85g de NaCl L⁻¹).

Na área experimental foi realizada a semeadura dos cultivares, em baldes contendo 10 kg de solo do tipo Planossolo Hidromórfico Eutrófico Solódico devidamente corrigido, conforme análise de solo. Para a realização dos testes,

foram semeadas oito sementes por balde, deixando após desbaste e transplante uma plântula para ser conduzida durante todo o ciclo da cultura. A lâmina de água foi mantida durante todo o ciclo da cultura com as mesmas concentrações de soluções salinas utilizadas nos testes de laboratório.

Durante o ciclo da cultura foram ministradas seis aplicações de uréia, realizadas aos 22, 45, 60, 72, 85 e 100 dias após a semeadura, ou seja, sempre que a planta começava a mostrar sintomas de deficiência. Para cada aplicação utilizou-se 45 kg de uréia por hectare o que correspondia a 1,6 gramas por planta ou por balde.

Também foram realizadas duas aplicações de fungicida Nativo[®] (Trifloxistrobina e Tebuconazol) e duas aplicações de inseticidas Pirephos[®] (esfenvalerato + fenitrotiona) e Karate Zeon 50 CS[®] (lambda-cialotrina) para controle de lagartas e percevejos.

A colheita das panículas foi realizada manualmente com auxílio de tesoura. Posteriormente, acondicionaram-se as panículas de cada unidade experimental em saco de papel Kraft. No momento da colheita, as sementes apresentavam teor de água em torno de 20%.

Após foram colocadas em secador estacionário para completar a secagem, até aproximadamente 13% de umidade. Em outro momento, estas foram debulhadas manualmente e após, realizados os testes de peso de mil sementes, germinação e primeira contagem de germinação.

Análise da qualidade inicial das sementes

No laboratório de análise de sementes, com os mesmos lotes de sementes utilizados na semeadura do experimento em campo, foram avaliadas as seguintes variáveis: teste de germinação (TG), primeira contagem de germinação (1[°]CG), teste de frio (TF) e envelhecimento acelerado (EA). Para todas as variáveis utilizaram soluções salinas para embebição do papel germitest nas concentrações: zero, 25 mM (1,4625g de NaCl L⁻¹), 50 mM (0,936g de NaCl L⁻¹), 75 mM (4,3875g de NaCl L⁻¹) e 100 mM (5,85g de NaCl L⁻¹).

Teste de germinação (TG): foram utilizadas quatro repetições com quatro subamostras de 50 sementes, por unidade experimental. Semeadas em papel

germitest, umedecido, previamente, com solução salina nas concentrações de zero, 12,5 mM, 25 mM, 50 mM, 75 mM e 100 mM, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados no germinador a uma temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, as contagens realizadas aos sete e quatorze dias após a semeadura. A apresentação dos resultados feita pela média aritmética das quatro repetições, em números inteiros expressos em porcentagens (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação (1TG): realizada conjuntamente com o teste de germinação, consistiu no registro da porcentagem de plântulas normais verificada na primeira contagem do teste de germinação, efetuada no sétimo dia após a semeadura, (NAKAGAWA, 1999), e os resultados expressos em porcentagem.

Teste de frio (TF): foram utilizadas três repetições com quatro subamostras de 50 sementes, por unidade experimental. As sementes foram semeadas em rolos de papel “germitest”, umedecido com soluções salinas, nas concentrações indicadas anteriormente, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, e mantidas em refrigerador regulado a 8°C , por sete dias. A seguir, foram transferidas para germinador regulado a 25°C . A contagem de plântulas normais foi realizada aos sete dias após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem (CICERO e VIEIRA, 1994).

Envelhecimento acelerado (EA): as sementes foram postas em caixas de gerbox sobre uma tela com 40 mL de água destilada. Após foram levadas para uma BOD a $42^\circ\text{C} \pm 0,3^\circ\text{C}$ onde permaneceram por 96h. Decorrido o período de envelhecimento, procedeu-se a semeadura em papel germitest, umedecido, previamente, com solução salina na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados no germinador a uma temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, a contagem realizada aos sete dias após a semeadura (MENEZES e SILVEIRA, 1995).

Em outra etapa do experimento, foram avaliadas as seguintes variáveis (sob estresse salino): emergência em areia (E), índice de velocidade de emergência em areia (IVE), área foliar (AF), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), fitomassa seca de parte aérea (MPA), massa seca de raiz (MR).

Índice de velocidade de emergência (IVE): – realizou-se mediante a contagem diária do número de plântulas emergidas até estabilização do número das plântulas e o cálculo do índice de velocidade efetuado pela seguinte fórmula $IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$, sendo: E1, E2, En = número de plântulas emergidas no primeiro, segundo, até a última contagem e N1, N2, Nn = número de dias desde a primeira, segunda, até a última contagem, conforme Maguire (1962).

Emergência em areia (EC): avaliada conjuntamente com a determinação do índice de velocidade de emergência. As avaliações foram realizadas no décimo quarto dia após a semeadura, computando-se o número de plântulas emergidas com comprimento não inferior a 5mm, conforme Nakagawa (1999);

Após as plântulas foram levadas para o laboratório onde avaliou-se:

Área foliar (AF): foram coletadas plântulas provenientes da avaliação emergência, que foram avaliadas individualmente em um medidor de área foliar modelo LI 3100/Área Meter, sendo obtidos valores médios por repetição.

Comprimento de parte aérea (CPA): realizado no décimo quarto dia após a semeadura, utilizando-se plântulas normais provenientes do teste de emergência, e obtendo-se o valor médio por plântula em cm.

Comprimento de sistema radicular (CSR): realizado no décimo quarto dia após a semeadura, utilizando-se raízes de plântulas normais provenientes do teste de emergência e obtendo-se o valor médio por raiz em cm.

Fitomassa seca de parte aérea (FPA): avaliada conjuntamente com o comprimento de plântula. As plântulas foram secas em estufa com circulação de ar forçado a uma temperatura de 72°C, por 72 horas. As amostras foram então colocadas em dessecador contendo sílica para resfriamento e posterior pesagem em balança analítica com precisão de 0,0001g (NAKAGAWA, 1999).

Fitomassa seca de raiz (FSR): avaliada conjuntamente com o comprimento de raiz. As mesmas foram secas em estufa com circulação de ar forçado a uma temperatura de 72°C, por 72 horas. As amostras foram colocadas em dessecador contendo sílica para resfriamento e posterior pesagem em balança analítica com precisão de 0,0001g (NAKAGAWA, 1999).

Análise das sementes colhidas – características agronômicas

Após completar o ciclo da cultura, avaliaram-se as seguintes características agronômicas em cada uma das plantas: número de panículas (NP), peso total das panículas (PTP), peso total de sementes cheias (PS), peso total de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochas (C) e peso de mil sementes (PMS).

Número de panículas (NP): avaliada na colheita, sendo computadas todas as panículas por planta que haviam formado sementes, tanto chochas quanto cheias. Após as panículas foram secas em secador estacionário até uniformizar a umidade das sementes, até 13% de umidade final.

Peso total das panículas (PTP): após a secagem, as panículas foram debulhadas manualmente e, efetuou-se a pesagem do total de sementes produzidas. Posteriormente, as amostras foram passadas em um soprador de sementes onde se efetuou a separação das sementes cheias e chochas.

Peso total de sementes cheias (PS): após passagem pelo soprador, as sementes oriundas da porção de sementes cheias, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01gr.

Peso total de sementes chochas (PC): após passagem pelo soprador, as sementes oriundas da porção de sementes chochas, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01gr.

Porcentagem de sementes cheias (S): a partir do peso total de sementes calculou-se a porcentagem de sementes cheias.

Porcentagem de sementes chochas (C): a partir do peso total de sementes calculou-se a porcentagem de sementes chochas.

Peso de mil sementes (PMS): foram contadas e pesadas oito subamostras de 100 sementes. O resultado foi calculado multiplicando-se por 10, o peso médio obtido das subamostras (BRASIL, 2009).

Análise das sementes colhidas – qualidade fisiológica

A qualidade fisiológica das sementes colhidas das plantas mantidas sob estresse da salinidade foi avaliada pelas variáveis: teste de germinação (TG) e primeira contagem de germinação (1°C_G).

Teste de germinação (TG): foram utilizadas quatro repetições com quatro subamostras de 50 sementes, por unidade experimental. Semeadas em papel

germitest, umedecido, previamente, com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados no germinador a uma temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e as contagens realizadas aos sete e quatorze dias após a semeadura. A apresentação dos resultados feita pela média aritmética das quatro repetições, em números percentuais inteiros (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação (1TG): realizada conjuntamente com o teste de germinação, consistiu no registro da porcentagem de plântulas normais verificada na primeira contagem do teste de germinação, efetuada no sétimo dia após a semeadura do teste de germinação (NAKAGAWA, 1999), e os resultados expressos em porcentagem.

Para as variáveis das características agronômicas, utilizou-se delineamento em blocos ao acaso com seis repetições, sendo cada balde uma unidade experimental. Para as variáveis da qualidade fisiológica, empregou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Ambas distribuídas em fatorial cultivar (5) x concentração (7). Para análise estatística utilizou-se o programa estatístico Winstat (MACHADO, 2002), sendo as médias submetidas à análise de variância, e, posteriormente, havendo significância, realizou-se teste de comparação de médias e análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da qualidade inicial das sementes

Nas Tabelas 1 e 2, é apresentado uma síntese da análise de variância (ANOVA) dos parâmetros de qualidade das sementes de arroz de cinco cultivares: IRGA 417, AVAXI CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) em condições de estresse por salinidade submetidos a concentrações de 0; 12,5; 25; 37,5; 50; 75 e 100 mM.

Os fatores cultivar e concentração foram significativos pelo teste F a 1% para a variável germinação (Tabela 1).

A interação cultivar x concentração (Tabela 1) foi significativa para as variáveis primeira contagem de germinação, teste de frio e envelhecimento acelerado foi significativa a 1%.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características teste de germinação (G), primeira contagem do teste de germinação (1TG), teste de frio (TF) e teste de envelhecimento acelerado, e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0,0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0; 75,0 e 100,0 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.

	GL	QM			
		G	1TG	TF	EA
CULTIVAR	4	86,69048**	5767,89**	159,9762**	916,5095**
CONCENTRAÇÃO	6	451,1302**	2899,263**	1144,178**	1628,032**
BLOCO	2	127,2095**	109,2095 ^{ns}	95,91429*	26,6381 ^{ns}
CULTIVAR X CONCENTRAÇÃO	24	15,22937 ^{ns}	317,9183**	166,5151**	225,754**
RESÍDUO	68	18,02325	54,03305	25,33585	13,19692
C.V. (%)		4,8	9,9	6,3	4,7

* significativo pelo teste de F a 5%, ** significativo pelo teste de F a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F. GL – Graus de Liberdade. QM – Quadrado médio

Observando os resultados da Tabela 2 constata-se que para as variáveis índice de velocidade de emergência, comprimento de sistema radicular e área foliar, os fatores concentração e cultivar isoladamente foram altamente significativos.

Por outro lado a interação cultivar x concentração (Tabela 2) apresentou significância de 5% pelo teste F para a variável emergência em campo, de 1% para as variáveis comprimento de parte aérea, fitomassa seca de parte aérea e fitomassa seca do sistema radicular.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características índice de velocidade de emergência (IVE), emergência em campo (EC), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de sistema radicular (CSR), fitomassa seca da parte aérea (FPA), fitomassa seca do sistema radicular (FSR) e área folia (AF), e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0,0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0; 75,0 e 100,0 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.

	GL	QM						
		IVE	EC	CPA	CSR	FPA	FSR	AF
CULTIVAR	4	0,1164631**	566,8476**	19,61532**	74,00849**	4,350476e-006**	1,4273e-005**	0,4919961**
CONCENTRAÇÃO	6	0,3747695**	726,7048**	193,0203**	236,9247**	5,02166e-005**	9,764984e-006**	4,092453**
BLOCO	2	0,006389408 ^{ns}	75,26667 ^{ns}	0,3161752 ^{ns}	1,495989 ^{ns}	3,009524e-008 ^{ns}	2,605714e-007 ^{ns}	0,00248416 ^{ns}
CULTIVAR X CONCENTRAÇÃO	24	0,003944297 ^{ns}	156,0976*	1,940944**	4,343961 ^{ns}	6,366429e-007**	2,730778e-006**	0,04549766 ^{ns}
RESÍDUO	68	0,005255728	77,93333	0,6113978	3,145718	2,450952e-007	5,291008e-007	0,03169223
C.V. (%)		12,0	10,2	6,6	9,7	7,9	19,3	12,3

* significativo pelo teste de F a 5%, ** significativo pelo teste de F a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F. GL – Graus de Liberdade. QM – Quadrado médio

Na avaliação do teste de germinação (Tabela 3) todos os cultivares, na média das concentrações apresentaram qualidade fisiológica, com germinação entre de 91 a 86%. Os menores valores obtidos foram nos cultivares Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka e Inov CL, que não diferiram de IAS 12-9 (Formosa).

Tabela 3. Qualidade fisiológica de sementes de arroz, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos testes de germinação (TG), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento do sistema radicular (CSR) e área foliar (AF). Valores representam a média das concentrações salinas avaliadas. Pelotas, RS – 2014.

	TG(%)	IVE	CSR (cm)	AF (cm ²)
IRGA 417	91 A	0,617 AB	19,20 A	1,544 A
Avaxi CL	86 B	0,665 A	18,54 A	1,473 A
SCSBRS Tio Taka	87 B	0,571 B	19,36 A	1,574 A
Inov CL	88 B	0,676 A	19,39 A	1,478 A
IAS 12-9 (Formosa)	89 AB	0,494 C	15,00 B	1,189 B

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Para índice de velocidade de emergência - IVE (Tabela 3) ficou evidente independentemente das concentrações de salinidade, que o cultivar IAS 12-9 (Formosa) apresentou o menor desempenho, contrariando o observado por Lima *et al.* (2005), ao constataram que tal cultivar não apresentou redução no índice de velocidade de germinação com o aumento da salinidade.

Pode-se avaliar o vigor de sementes através de testes de desempenho de plântulas, podendo a mensuração de comprimento de partes das plântulas diferenciar lotes ou cultivares quanto ao vigor. Comprimento de sistema radicular e área foliar (Tabela 3) destacaram a inferioridade do cultivar IAS 12-9 (Formosa) relativamente às demais cultivares.

Para o teste de primeira contagem de germinação (Tabela 4) na concentração zero apenas o cultivar IAS 12-9 (Formosa) diferenciou-se dos cultivares Inov CL e IRGA 417.

Tabela 4. Qualidade fisiológica de sementes de arroz, IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos testes primeira contagem de germinação (1TG), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), emergência em campo (EC), comprimento de parte aérea (CPA), fitomassa seca da parte aérea (FPA) e fitomassa seca do sistema radicular (FSR), submetidos a concentrações de salinidade de 0,0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0; 75,0 e 100,0 mM. Pelotas, RS – 2014.

		0,0	12,5	25,0	37,5	50,0	75,0	100,0
		mM						
1TG (%)	IRGA 417	90 A	88 A	87 A	87 A	83 A	71 B	22 C
	Avaxi CL	84 AB	90 A	88 A	87 A	89 A	87 AB	69 A
	SCSBRS	81 AB	87 A	87 A	86 A	84 A	80 AB	49 B
	Tio Taka							
	Inov CL	88 A	88 A	88 A	88 A	89 A	89 A	77 A
	IAS 12-9 (Formosa)	70 B	70 B	56 B	43 B	47 B	31 C	4 D
CV (%)		9,87						
TF (%)	IRGA 417	91 A	90 A	94 A	88 A	87 A	67 B	49 C
	Avaxi CL	79 B	83 A	83 A	81 A	82 A	79 A	77 A
	SCSBRS	81 AB	90 A	89 A	84 A	81 A	78 A	65 B
	Tio Taka							
	Inov CL	81 AB	85 A	84 A	85 A	81 A	81 A	79 A
	IAS 12-9 (Formosa)	86 AB	87 A	88 A	80 A	77 A	64 B	45 C
CV (%)		6,29						
EA (%)	IRGA 417	86 AB	89 A	92 A	87 A	81 AB	63 B	62 B
	Avaxi CL	82 AB	84 AB	87 AB	84 AB	84 A	84 A	76 A
	SCSBRS	88 A	86 AB	88 AB	82 AB	71 CD	65 B	62 B
	Tio Taka							
	Inov CL	79 B	79 B	81 B	79 BC	74 BC	67 B	74 A
	IAS 12-9 (Formosa)	81 AB	88 A	85 AB	73 C	63 D	45 C	25 C
CV (%)		4,7						
EC (%)	IRGA 417	97 A	96 A	90 A	88 A	93 A	88 A	86 A
	Avaxi CL	92 A	86 A	92 A	96 A	89 A	88 A	85 A
	SCSBRS	89 A	88 A	88 A	85 A	88 A	85 A	62 B
	Tio Taka							
	Inov CL	89 A	92 A	86 A	93 A	91 A	90 A	81 AB
	IAS 12-9 (Formosa)	85 A	83 A	79 A	81 A	91 A	92 A	40 C
CV (%)		10,2						
CPA (cm)	IRGA 417	17,08 A	17,82 A	14,69 A	13,91 A	12,21 A	9,17 AB	7,99 A
	Avaxi CL	14,81 B	15,43 B	13,90 B	12,63 AB	12,07 A	9,89 A	7,44 AB
	SCSBRS	16,26 AB	14,45 B	12,88 B	12,04 BC	10,74 A	8,31 AB	4,68 CD
	Tio Taka							
	Inov CL	14,90 B	14,27 B	13,53 B	11,91 BC	11,60 A	8,67 AB	5,89 BC
	IAS 12-9 (Formosa)	16,07 AB	14,63 B	12,98 B	10,73 C	11,53 A	7,48 B	3,46 D
CV (%)		6,56						
FPA (mg)	IRGA 417	7,7 AB	8,1 A	7,8 A	6,7 A	5,5 A	4,3 A	3,6 AB
	Avaxi CL	7,8 AB	8,2 A	8,2 A	7,1 A	5,4 A	5,2 A	3,9 A
	SCSBRS	8,8 A	8,4 A	8,1 A	7,4 A	6,1 A	5,2 A	2,7 B
	Tio Taka							
	Inov CL	7,9 AB	8,6 A	8,3 A	6,9 A	6,1 A	4,6 A	3,1 AB
	IAS 12-9 (Formosa)	7,1 B	6,9 B	6,2 B	5,5 B	6,1 A	4,3 A	2,6 B
CV (%)		7,86						
FSR (mg)	IRGA 417	6,4 A	3,8 A	3,3 B	2,8 C	4,7 A	2,3 B	1,7 A
	Avaxi CL	4,6 BC	3,4 A	2,6 B	3,3 C	4,0 AB	2,2 B	1,8 A
	SCSBRS	3,7 CD	3,9 A	2,8 B	5,8 AB	4,7 A	3,5 B	2,5 A
	Tio Taka							
	Inov CL	2,9 D	3,9 A	3,0 B	4,3 BC	2,9 B	2,3 B	3,0 A
	IAS 12-9 (Formosa)	5,7 AB	4,9 A	5,4 A	7,2 A	3,8 AB	5,7 A	3,4 A
CV (%)		19,27						

Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

No entanto, nas demais concentrações o cultivar IAS 12-9 (Formosa) apresentou desempenho inferior em relação aos demais cultivares para o teste de primeira contagem de germinação (Tabela 4). Na dose de 75 mM o cultivar IRGA 417 foi inferior ao cultivar Inov CL. Na dose de 100 mM Avaxi CL e Inov CL foram superiores as demais.

Para o teste de frio (Tabela 4) no tratamento controle, a cultivar Avaxi CL foi inferior a cultivar IRGA 417. Já nas concentrações 12,5; 25,0; 37,5 e 50,0 mM não houve diferenças significativas entre as cultivares. Nas concentrações de 75,0 e 100 mM, as cultivares IRGA 417 e IAS 12-9 (Formosa) tiveram desempenho inferior relativamente às demais cultivares. O teste de emergência somente na concentração de 100 mM foi possível constatar diferenças entre as cultivares, na qual a cultivar IAS 12-9 (Formosa) mostrou-se mais sensível, apresentando o menor percentual de plântulas emergidas.

No teste de envelhecimento acelerado (Tabela 4) no tratamento controle apenas a cultivar SCSBRS Tio Taka diferenciou-se da cultivar Inov CL. Nas concentrações 37,5; 50,0; 75,0 e 100,0 mM a cultivar IAS 12-9 (Formosa) apresentou o pior desempenho, em valores absolutos, na avaliação do vigor pelo teste de envelhecimento acelerado.

Observando os dados da Tabela 4, na avaliação comprimento de parte aérea, em quase todas as concentrações a cultivar IRGA 417 mostrou-se menos sensível ao estresse por salinidade, até a dose 37,5 mM. Na concentração de 100,0 mM o cultivar IAS 12-9 (Formosa) apresentou comprimento de parte aérea 57% inferior ao cultivar IRGA 417. A avaliação da fitomassa seca da parte aérea, o cultivar IAS 12-9 (Formosa) mostrou-se mais sensível ao estresse por salinidade na maioria das concentrações, particularmente nas concentrações 12,5; 25,0 e 37,5 mM. Já na avaliação da fitomassa seca do sistema radicular, destaca-se a superioridade da cultivar IAS 12-9 (Formosa), nas concentrações 25,0; 37,5 e 75,0 mM, embora as cultivares não tenham diferido nas doses 12,5 e 100,0 mM.

No teste de germinação (Figura 1) para o efeito de concentração observa-se que praticamente não houve alteração na percentagem de germinação até 75 mM e tendência de redução apreciável na porcentagem de germinação em concentrações maiores. Tais resultados corroboram aos

obtidos em sementes de arroz (LIMA *et al.*, 2005), sementes de cevada (SILVA *et al.*, 2007), algodão (FURTADO *et al.*, 2007) e girassol (HARTER *et al.*, 2014b).

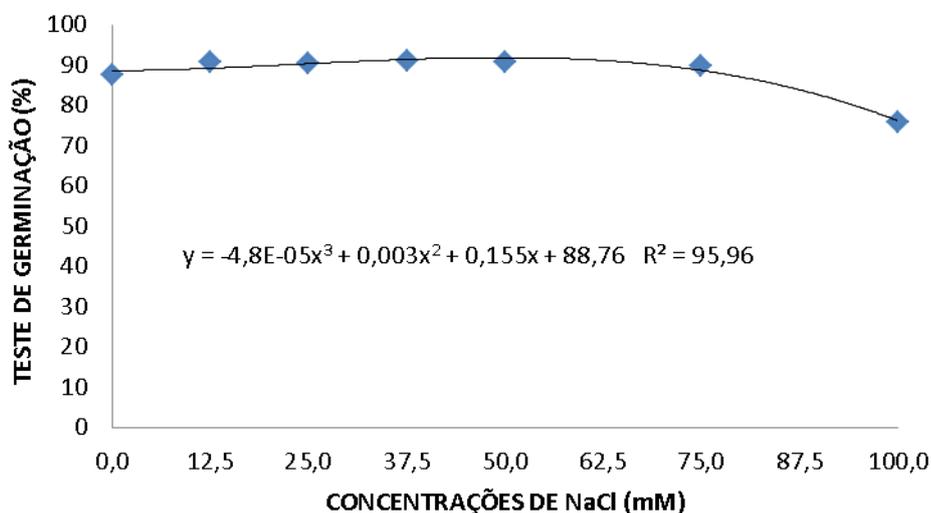


Figura 1. Teste de germinação de sementes de arroz submetidas a concentrações de cloreto de sódio, média dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.

Na avaliação do vigor das sementes pelo teste de primeira contagem de germinação (Figura 2), em geral houve redução no percentual de sementes germinadas na primeira contagem com o incremento nas concentrações de sal.

Para a cultivar IAS 12-9 (Formosa) a redução ocorreu de forma linear (Figura 2), na ordem de 6,3% na primeira contagem de germinação para cada 10 mM de aumento das concentrações de NaCl. As cultivares IRGA 417, Avaxi CL e SCSBRS Tio Taka apresentaram tendência quadrática positiva, com declínio mais acentuado a partir da concentração de 75,0 mM. Os pontos de máxima resposta nas concentrações 23,10; 36,31 e 32,38 respectivamente. Apesar do modelo matemático indicar incremento nos valores desta variável, os aumentos comparativos a concentração zero foram inexpressivos. A redução no percentual de plântulas normais no teste de primeira contagem de germinação com o aumento da concentração salina deve-se, provavelmente, a menor quantidade de água disponível para a semente durante o processo de germinação. As cultivares que apresentaram respostas mais drásticas ao aumento das concentrações, particularmente nas mais elevadas, foram IRGA 417 e IAS 12-9 (Formosa).

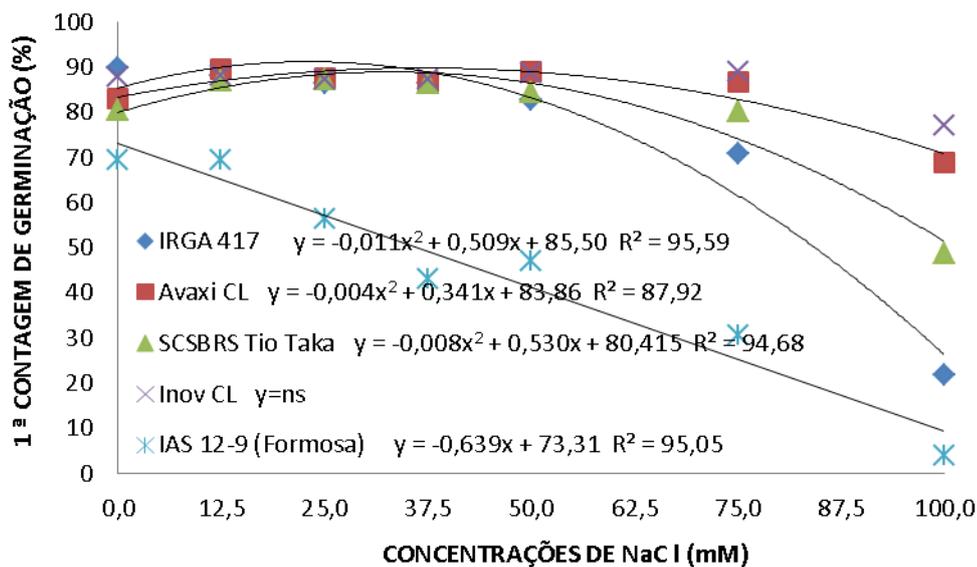


Figura 2. Primeira contagem de germinação, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.

Resultados semelhantes, de redução no teste de primeira contagem com o aumento de concentrações salinas, foram constatados nos trabalhos de Harter *et al.* (2014a) em sementes de mogango, Deuner *et al.* (2011) em sementes de feijão miúdo e por Almeida *et al.* (2001) em sementes de arroz.

No teste de frio (Figura 3) houve efeito prejudicial da salinidade nas cultivares IRGA 417, SCSBRS Tio Taka e no IAS 12-9 (Formosa), os quais apresentaram redução na expressão do vigor pelo teste de frio a partir de concentrações 14,43; 25,35 e 2,43 mM, respectivamente, sendo mais pronunciado nas concentrações superior a 75,0 mM.

Em sementes de girassol, Harter *et al.* (2014b), trabalhando com quatro lotes também observaram redução no vigor pelo teste de frio para três lotes, ao serem submetidos a aumentos de concentração salina.

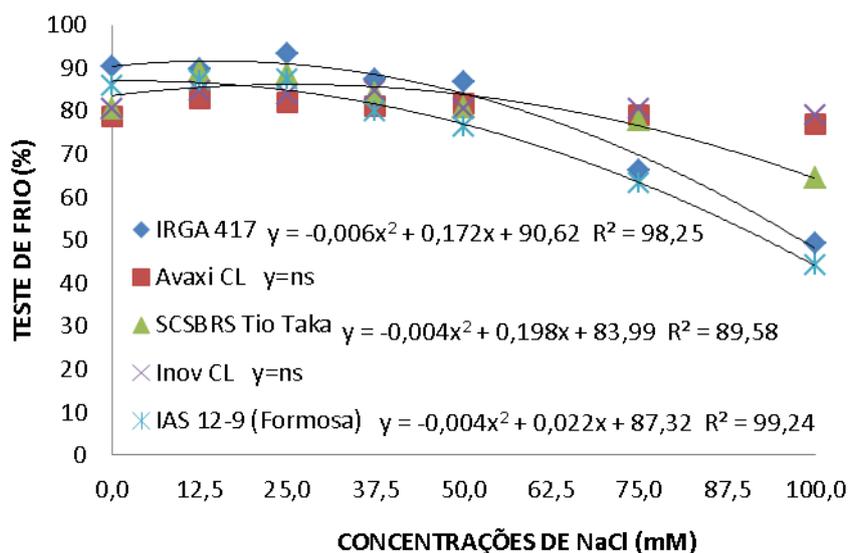


Figura 3. Teste de frio, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.

Para o teste de envelhecimento acelerado (Figura 4), apenas a cultivar Avaxi CL ajustou-se ao modelo quadrático às concentrações de salinidade, as demais cultivares apresentaram resposta cúbica. Constatam-se, de maneira geral, efeitos negativos mais pronunciados na cultivar IAS 12-9 (Formosa) nas concentrações superiores a 50,0 mM de cloreto de sódio. Trabalhando com lotes de sementes de girassol submetidos a estresse salino, Harter *et al.* (2014b) constataram menor expressão do vigor no teste de envelhecimento acelerado com o aumento das concentrações de salinidade.

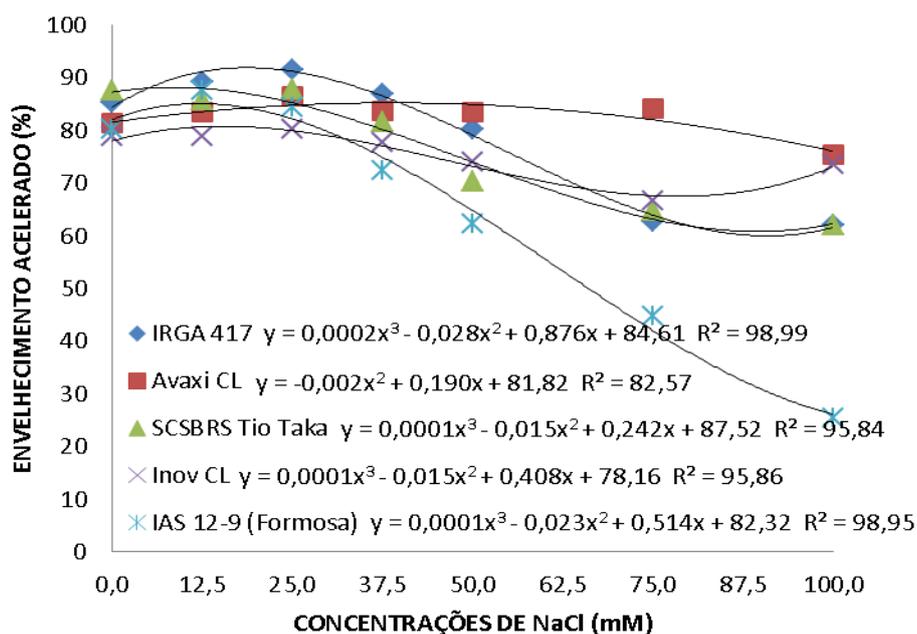


Figura 4. Teste de envelhecimento acelerado, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.

No teste de emergência em campo (Figura 5), apenas as cultivares SCSBRS Tio Taka e o IAS 12-9 (Formosa) apresentaram significância, sendo que a cultivar SCSBRS Tio Taka apresentou seu ponto de máxima eficiência técnica na concentração de 26,0 mM, apresentando acentuada redução na porcentagem de emergência ao serem utilizadas concentrações maiores. Provavelmente não houve efeito significativo de concentração para as demais cultivares devido às condições utilizadas favorecerem à emergência em campo. Tendo em vista que a semeadura foi realizada sob condições favoráveis no início da época recomendada para cultura do arroz, portanto, não encontrando condições climáticas desfavoráveis, as emergências mantiveram-se, mesmo com a elevação das concentrações de cloreto de sódio.

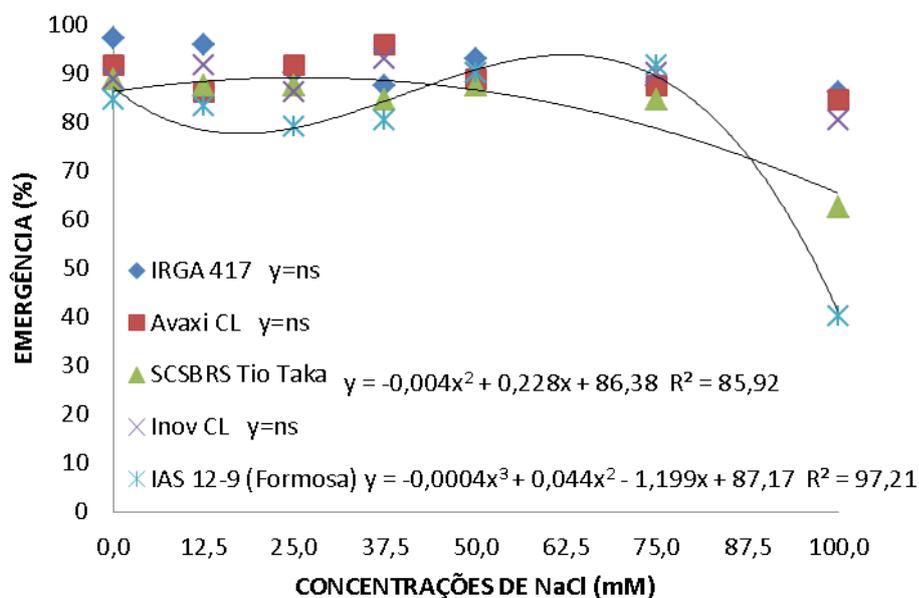


Figura 5. Teste de emergência em campo, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.

Em sementes de azevém submetidas a condições de salinidade, Klafke *et al.* (2012) concluíram que a emergência de plântulas decresce na medida em que há incremento de salinidade no meio. Resultados semelhantes foram observados por Nogueira *et al.* (2012) em sementes de Flamboyant (*Delonix regia*), ao ser observado redução na porcentagem de emergência de plântulas com o aumento da salinidade.

Na avaliação do índice de velocidade de emergência (Figura 6), observou-se efeito para o fator concentração, o qual com tendência quadrática, apresentando menor IVE com o aumento nas concentrações de sais, ou seja, a presença de solução salina atrasou a emergência inicial de plântulas. Para que ocorra a germinação é necessária a presença de água livre para as sementes e a medida que aumenta a concentração de sais na solução, há menos água disponível, conseqüentemente pode haver atraso na emergência, o que é indesejável no desenvolvimento da cultura.

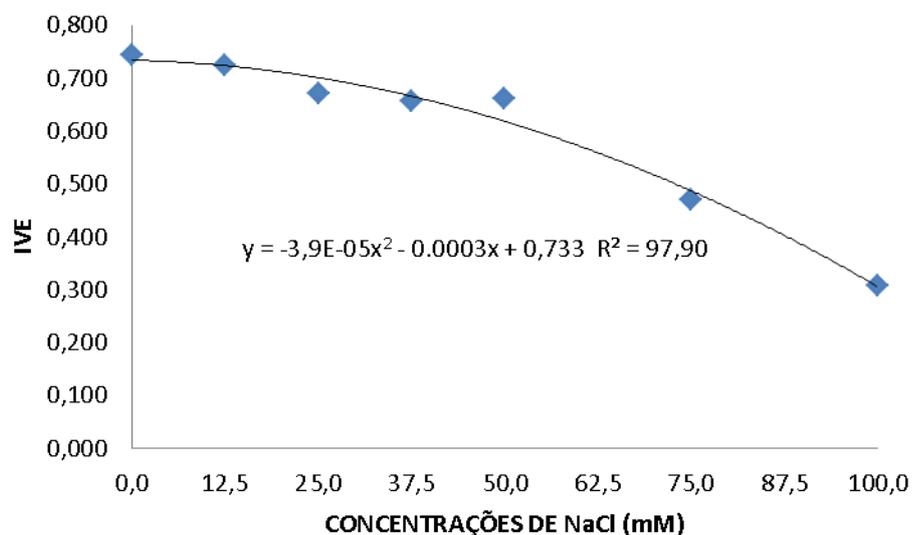


Figura 6. Índice de velocidade de emergência, de plântulas oriundas de sementes de arroz submetidas a concentrações de cloreto de sódio, média dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.

O aumento na concentração salina reduziu o índice de velocidade de emergência, ou seja, quanto mais negativo o potencial osmótico, mais lento foi processo de emergência de plântula. Tal comportamento também foi verificado em sementes de azevém-anual (KLAFKE *et al.*, 2012), trigo (DAMIANI *et al.*, 2003) e cevada (SILVA *et al.*, 2007).

Na avaliação do comprimento de parte aérea (Figura 7), todas as cultivares avaliadas apresentaram redução linear no comprimento de parte aérea com o aumento da salinidade. O decréscimo médio variou de 0,79 a 1,21 cm a cada incremento de 10 mM de cloreto de sódio, dependendo da cultivar.

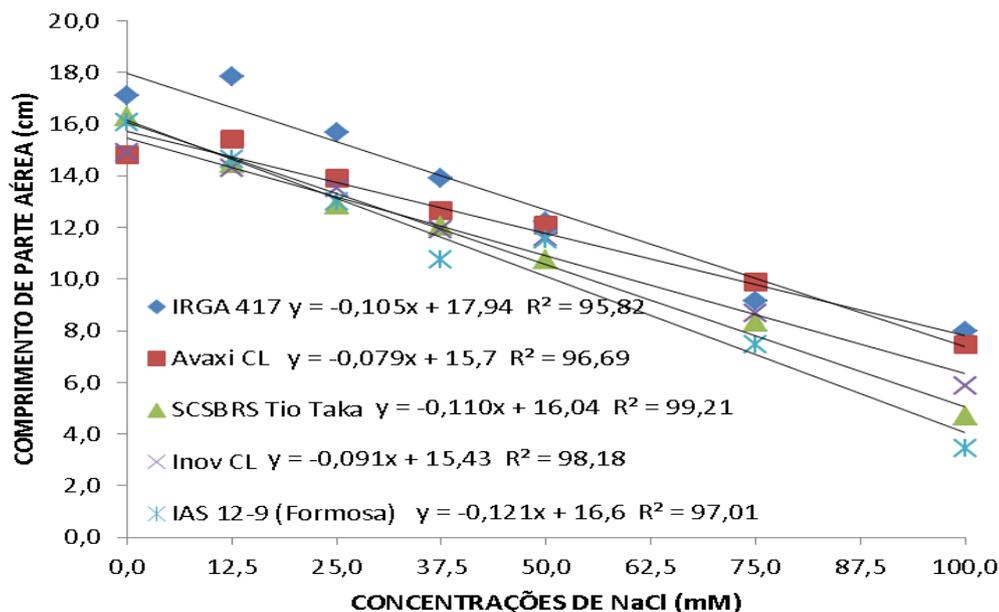


Figura 7. Comprimento de parte aérea, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.

Em trabalhos com sementes de feijão miúdo (DEUNER *et al.*, 2011), melancia (TORRES, 2007), mogango (HARTER *et al.*, 2014a), e melão (QUEIROGA *et al.*, 2006), foi observada diminuição no comprimento da parte aérea com o aumento da salinidade. No entanto, em sementes de azevém-anual, Klafke *et al.*(2012) constataram pouco efeito das concentrações de sais em relação ao tratamento controle (0 mM) para a variável comprimento de parte aérea, evidenciando diferente adaptabilidade das espécies em relação a este estresse abiótico.

Na avaliação do comprimento do sistema radicular (Figura 8) constatou-se que as cultivares apresentaram tendências similares para o efeito de concentração. Constata-se tendência cúbica, havendo pequeno aumento no comprimento de sistema radicular até a concentração 18,30 mM e redução nos valores observados a partir dessa concentração.

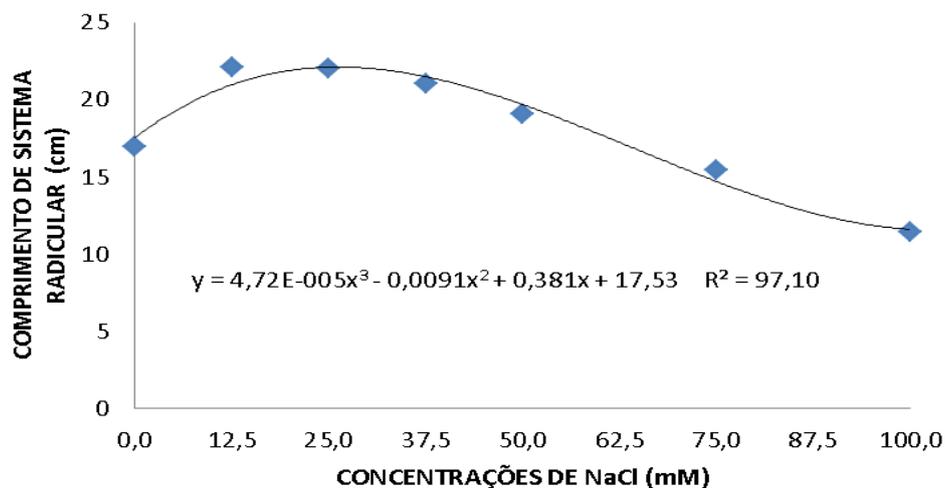


Figura 8. Comprimento do sistema radicular, de sementes de arroz submetidas a concentrações de cloreto de sódio, média dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.

Trabalhando com sementes de quatro cultivares de arroz submetidas a diferentes níveis de salinidade, Lima *et al.* (2005) verificaram que para três cultivares não houve diferença entre os tratamentos para o comprimento de raiz, evidenciando diferenciação de adaptação entre as cultivares. Mas, outros autores observaram redução no comprimento do sistema radicular com o aumento de salinidade do meio de cultivo, como em sementes de Flamboyant (NOGUEIRA *et al.*, 2012), mogango (HARTER *et al.*, 2014a) e feijão miúdo (DEUNER *et al.*, 2011).

Nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade, bem como, a adaptação ao estresse salino varia entre espécies e em um mesmo genótipo pode variar entre estádios fenológicos (MORALES *et al.*, 2001). Desta forma, os efeitos da salinidade são manifestados na redução das taxas de germinação e de crescimento, diminuição do rendimento, e, em certos casos, em que o estresse é mais severo, pode causar a morte generalizada das plantas (BERNARDO *et al.*, 2005).

Os dados obtidos na avaliação da fitomassa seca da parte aérea (Figura 8) evidenciaram que todos os cultivares apresentam tendência de redução linear, da ordem de 4,4 a 5,6 mg de fitomassa seca para cada 10mM de aumento das concentrações de NaCl.

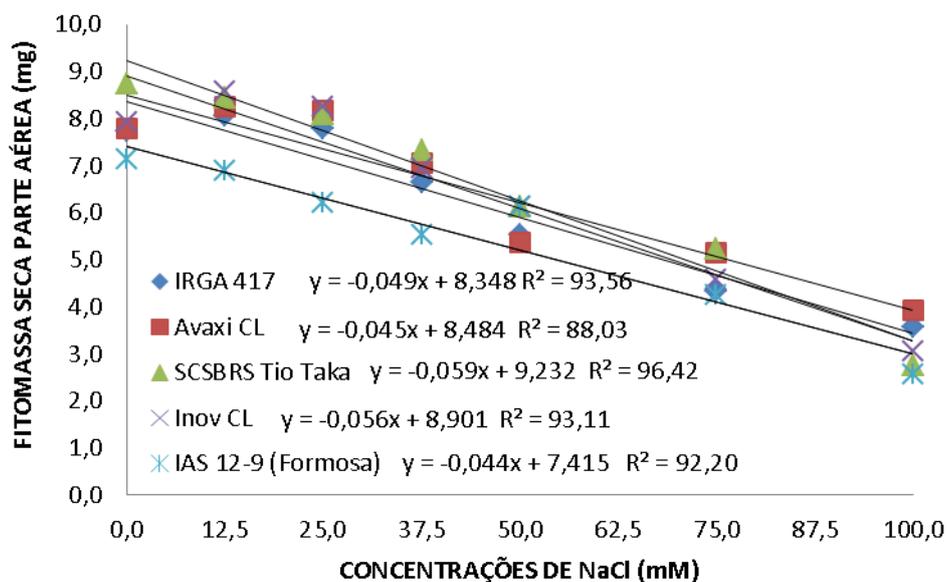


Figura 9. Fitomassa seca da parte aérea, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.

Em sementes de arroz, a presença de cloreto de sódio não interferiu na fitomassa das plântulas nos estágios iniciais de crescimento, sendo que normalmente, em plantas sensíveis à salinidade, ocorre diminuição da taxa de emergência e redução nas fitomassa seca e fresca da parte aérea e do sistema radicular (LIMA *et al.*, 2005).

Dos cinco cultivares avaliados, apenas dois apresentaram efeito significativo para a variável fitomassa seca do sistema radicular. O cultivar IRGA 417 apresentou tendência cúbica, com redução acentuada já nas menores concentrações, seguido por uma faixa (25 a 75 mM) com estabilidade na variação na fitomassa e nas concentrações acima de 75mM ocorreu novamente, severa redução nos valores observados frente o aumento das concentrações. Enquanto que a cultivar Avaxi CL teve comportamento linear com as concentrações de sais, ou seja, com o aumento das concentrações houve redução de 0,21 mg por incremento de 10 mM de cloreto de sódio.

Tem-se observado que o estresse salino prejudica o desenvolvimento de plantas, de acordo com Takemura *et al.* (2000), e pode reduzir a expansão da superfície foliar e diminuir consideravelmente a biomassa fresca e seca de folhas e raízes (CHARTZOULAKIS e KLAPAKI, 2000). O aumento da

salinidade é acompanhado de reduções significativas na massa da parte aérea, altura da planta e número de folhas por planta (MOHAMMAD *et al.*, 1998).

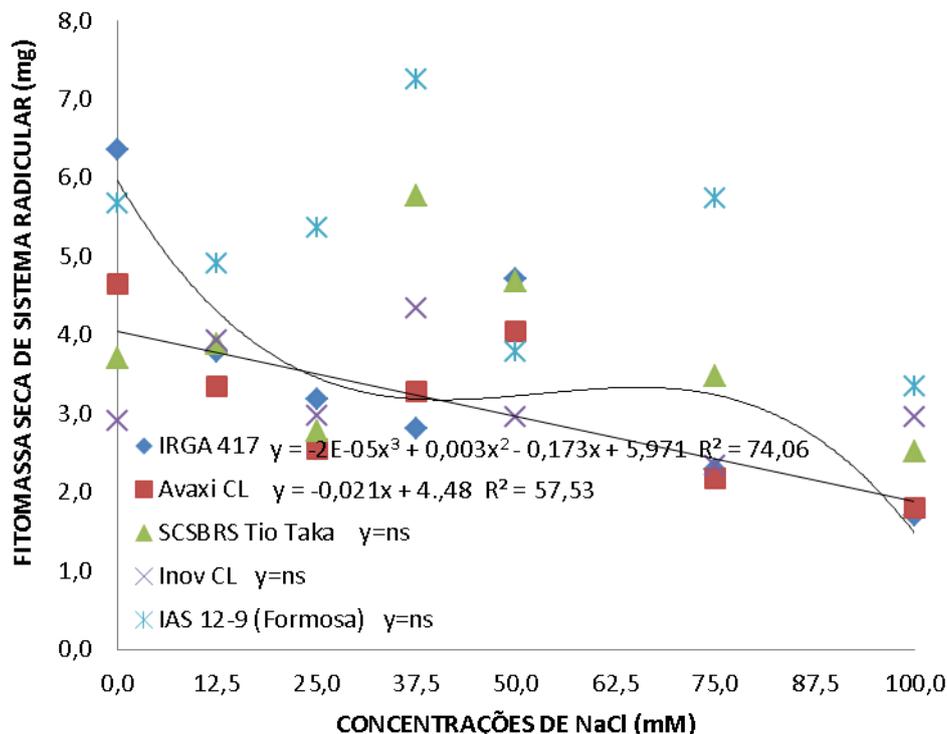


Figura 10. Fitomassa seca do sistema radicular, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de cloreto de sódio. Pelotas, RS – 2014.

Na variável índice de área foliar (Figura 11), é notório o efeito prejudicial do estresse salino, pois a cada 10 mM de acréscimo nas concentrações de salinidade ocorre redução de $0,15 \text{ cm}^2$, aos 14 dias. O decréscimo na área foliar é prejudicial ao desenvolvimento das plântulas, pois quanto maior a área foliar, maior será a área fotossinteticamente ativa.

Em concentrações mais elevadas, o estresse salino provoca redução no crescimento das plântulas. Este fator é atribuído à diminuição na absorção de água, seguido por hidrólise limitada de reservas alimentares a partir de tecidos de armazenamento, bem como devido à translocação deficiente das reservas alimentares dos tecidos de armazenamento para o eixo em desenvolvimento (KHAN e PANDA, 2008).

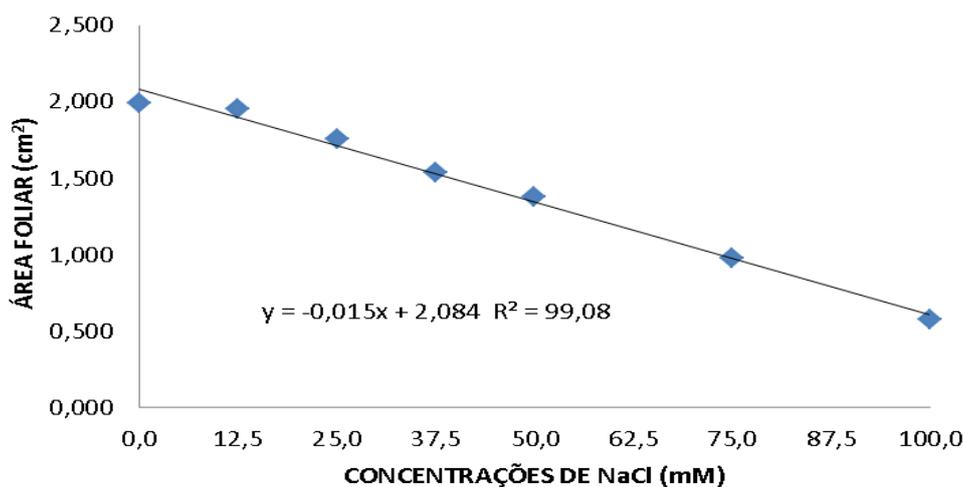


Figura 11. Área foliar, de sementes de arroz submetidas a concentrações de cloreto de sódio, média dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.

Características agrônômicas de cultivares de arroz produzidas sob estresse salino

No decorrer do experimento houve produção apenas nas plantas submetidas as concentrações 0 e 12,5 mM. Nas concentrações intermediárias 25, 37,5 e 50 mM, as plantas mantiveram-se vivas, porém não atingiram a fase reprodutiva e houve morte de todas as plantas submetidas as concentrações de 75 e 100 mM (ver Apêndices A, B e C).

As avaliações prosseguiram até o final do ciclo com o objetivo de avaliar a produção de sementes de arroz sob condições de estresse salino, no entanto o cultivar SCSBRS Tio Taka não atingiu o estágio reprodutivo, possivelmente por ser um cultivar não recomendado para a região de Pelotas.

Para o número de panículas, apenas o fator cultivar foi significativo e para as variáveis peso total de panículas, peso de sementes cheias e peso de mil sementes foram significativos os efeitos isolados de cultivar e concentração (Tabela 5).

Já a interação concentração x cultivar apresentou significância de 1% pelo teste F para as variáveis peso de sementes chochas, porcentagem de sementes cheias e porcentagem de sementes chochas (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância das características número de panícula (NP), peso total de panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochas (C) e peso de mil sementes (PMS) e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0,0 e 12,5; mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.

	GL	QM						
		NP	PTP	PS	PC	S	C	PMS
CULTIVAR	3	859,5764**	731,7582*	732,5275*	17,60626**	1001,825**	1001,825**	7,350252 ^{ns}
CONCENTRAÇÃO	1	13,02083 ^{ns}	66098,85**	74400,64**	245,3004**	16516,92**	16516,92**	689,7042**
BLOCO	5	70,2375 ^{ns}	317,5787 ^{ns}	320,869 ^{ns}	1,061867 ^{ns}	73,16 ^{ns}	73,16 ^{ns}	2,352067 ^{ns}
CULTIVAR X CONCENTRAÇÃO	3	64,35417 ^{ns}	113,228 ^{ns}	170,6056 ^{ns}	9,532708**	663,0367**	663,0367**	10,22462 ^{ns}
RESÍDUO	35	71,52321	252,4057	248,4417	1,804611	86,83962	86,83962	3,603994
C.V. (%)		16,52	27,32	29,56	27,80	11,87	43,32	10,01

* significativo pelo teste de F a 5%, ** significativo pelo teste de F a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F. GL – Graus de Liberdade. QM – Quadrado médio

Para estimar o rendimento da cultura do arroz, têm-se utilizado como parâmetros, o número de plantas por hectare, o número de panículas por planta, o número de grãos por panícula e a massa de grãos por panícula (MARCHEZAN *et al.*, 2005).

Para avaliar a produção de sementes efetuou-se a contagem do número de panículas (Tabela 6), pois se trata de um dos componentes do rendimento. Para tal variável, houve diferenças significativas entre os cultivares, com valores de 41 até 60 panículas por planta, com superioridade para a cultivar IRGA 417, embora não diferindo do cultivar Avaxi CL. Também foi avaliado o peso total de panículas (Tabela 6), no entanto não houve diferença significativa.

Tabela 6. Qualidade física de sementes de arroz produzidas sob estresse de salinidade, média das concentrações 0 e 12,5 mM, cultivares IRGA 417, Avaxi CL, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos parâmetros número de panículas (NP), peso total das panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de chochos (C) e peso de mil sementes (PMS). Pelotas, RS – 2014.

CULTIVAR	NP und	PTP g	PS g	PC g	S %	C %	PMS G
IRGA 417	60 A	63,06*	58,11*	4,94 A	85 A	15 AB	19,63*
Avaxi CL	56 AB	62,97	56,81	6,16 A	75 BC	25 BC	18,77
Inov CL	41 C	46,64	41,64	5,00 A	67 C	33 C	19,60
IAS 12-9 (Formosa)	48 BC	59,95	56,73	3,22 A	87 A	13 A	18,05
CV(%)	16,52	27,32	29,56	27,80	11,87	43,32	10,01

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância. * Valores não significativos para as variáveis analisadas

Nas variáveis peso total de sementes cheias e peso total de sementes chochas por planta (Tabela 6), não se verificaram diferenças significativas entre as cultivares.

Para a porcentagem de sementes cheias (Tabela 6) verifica-se a superioridade dos cultivares IRGA 417 e IAS 12-9 (Formosa) em relação aos demais cultivares. Ambos apresentaram valores superiores a 85% do peso total de panículas com sementes cheias. Provavelmente esses cultivares sejam mais tolerantes aos efeitos da salinidade.

Quanto à porcentagem de sementes chochas, o cultivar Inov CL foi que apresentou em valores absolutos a maior porcentagem de sementes chochas.

Os valores obtidos no peso de mil sementes (Tabela 6), não apresentaram diferença significativa entre os cultivares. Em média observou-se que ocorreu cerca de 53 sementes de arroz por grama. O peso de mil sementes é utilizado para calcular a densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem e o peso da amostra de trabalho para análise de pureza física, quando não especificado nas Regras de Análise de Sementes (RAS). É uma informação que informa a tendência do tamanho das sementes, assim como de seu estado de maturidade e de sanidade (BRASIL, 2009).

O número de panícula por planta (Tabela 7) não apresentou diferença significativa entre o controle e a concentração 12,5 mM. No trabalho realizado por Rodrigues *et al.* (2005), os autores avaliaram o efeito da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento e a produção de arroz, e constataram que houve decréscimo no número de panícula por planta com o aumento da salinidade.

As reduções de produtividade conforme a salinidade podem ocorrer em função de uma série de causas, como redução da capacidade fotossintética (SULTANA *et al.*, 1999), decréscimo no acúmulo de fotoassimilados nos grãos (ASCH *et al.*, 2000), além da redução no enchimento. No período reprodutivo do arroz, a salinidade causa variações morfológicas semelhantes a outros estresses ambientais, que ocasionam inibição do crescimento de estruturas das plantas, como a degeneração das ráquis primárias e secundárias e das espiguetas nas panículas (CUI *et al.*, 1995). Nessas circunstâncias, a esterilidade de espiguetas é um parâmetro que se correlaciona significativamente com o rendimento de grãos da cultura (KATHUN *et al.*, 1995).

Tabela 7. Características agronômicas de sementes de arroz produzidas sob estresse de salinidade nas concentrações 0 e 12,5 mM dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos parâmetros número de panículas (NP), peso total das panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochos (C) e peso de mil sementes (PMS). Pelotas, RS – 2014.

CULTIVAR	NP(und)		PTP (g)		PS (g)		PC (g)		S (%)		C (%)		PMS (g)	
	0	12,5	0	12,5	0	12,5	0	12,5	0	12,5	0	12,5	0	12,5
IRGA 417	61*	58	97,80 A	28,32 B	95,37 A	20,86 B	7,46 A	2,42 B	97 A	72 B	3 B	28 A	22,14 A	17,12 A
Avaxi CL	54	59	104,19 A	21,74 B	101,19 A	12,42 B	9,31 A	3,00 B	97 A	53 B	3 B	47 A	22,59 A	14,55 B
Inov CL	44	38	81,43 A	11,86 B	77,46 A	5,82 B	3,97 B	6,03 A	95 A	40 B	5 B	60 A	23,52 A	15,69 B
IAS 12-9 (Formosa)	48	49	97,63 A	22,26 B	96,75 A	16,70 B	0,08 B	5,55 A	99 A	75 B	1 B	25 A	22,77 A	13,34 B
CV(%)	16,52		27,32		29,56		27,80		11,87		43,32		10,01	

Médias seguidas da mesma letra na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância. * Valores não significativos para as variáveis analisadas

Na variável peso total de panículas (Tabela 7) em todos os cultivares testados o tratamento controle foi superior, no cultivar Inov CL o peso total de panículas foi 85% superior na concentração de 0 mM. O peso total de sementes (Tabela 6) demonstrou que nos cultivares avaliados, o estresse salino ocasionou menores resultados que aos obtidos no tratamento controle, em média os resultados obtidos foram superiores em 80%. Em produção de aquênios de girassol sob condições de estresse salino Travassos *et al.* (2011) observaram redução no número e na massa de aquênios a medida em que houve aumento no nível de salinidade na água de irrigação.

Quanto ao peso de sementes chochas (Tabela 7) os cultivares IRGA 417 e Avaxi CL apresentaram resultados superiores, no tratamento controle, ao passo, que os cultivares Inov Cl e IAS 12-9 (Formosa) obtiveram os maiores valores de peso de sementes chochas na concentração de 12,5 mM, o que pode ser um indício de que tais cultivares sejam mais tolerantes a estresse por salinidade.

Com o objetivo de avaliar a influencia de níveis de salinidade na água de irrigação em diferentes estádios de desenvolvimento na cultura do arroz, Fraga *et al.* (2010) concluíram que o numero de panículas, numero de grãos por panícula, o peso de mil grãos, a esterilidade de espiguetas e a produção de grãos foram alterados negativamente, de forma quadrática, com o aumento da salinidade, em todos os períodos do desenvolvimento do arroz.

Para a porcentagem de sementes cheias (Tabela 7) não houve diferença estatística entre os cultivares, e todos apresentaram valores superiores a 95% quando produzidos sem estresse salino. Já em condições de salinidade embora não tenham diferido estatisticamente, observa-se em valores absolutos que os percentuais de sementes cheias variaram de 40 a 75%. Conseqüentemente a porcentagem de sementes chochas (Tabela 7) apresentou valores superiores na concentração de 12,5 mM, e não apresentou diferença estatística entre os cultivares.

Na cultura do arroz especialmente no período reprodutivo e de plântula, a salinidade na água de irrigação pode ocasionar danos como diminuição do

perfilhamento, esterilidade das espiguetas e morte de plantas (CARMONA, 2011).

O cultivar IRGA 417 não apresentou diferença entre os tratamentos para peso de mil sementes (Tabela 7), os demais cultivares verificou-se valores superiores nas sementes produzidas sem estresse salino. Também foi verificado redução no peso de mil grãos/sementes sob condições de estresse salino em trabalhos realizados com sementes de arroz (RODRIGUES *et al.*, 2005; FRAGA *et al.*, 2010; LEMES *et al.*, 2013), mamona (SILVA *et al.*, 2008), amendoim (CORREIA *et al.*, 2009), girassol (TRAVASSOS *et al.*, 2011) e quiabo (SOUZA *et al.*, 2014).

Análise das sementes colhidas – qualidade fisiológica

Na tabela 8 é apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis teste de primeira contagem de germinação e teste de germinação das sementes produzidas sob condições de salinidade, as quais, apresentaram significância de 1% pelo teste F para a interação cultivar x concentração.

Tabela 8. Resumo da análise de variância das características primeira contagem do teste de germinação (1TG) e teste de germinação (TG) e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0,0 e 12,5; mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.

	GL	QM	
		1TG	TG
CULTIVAR	3	520,5313**	191,6146**
CONCENTRAÇÃO	1	2397,781**	1116,281**
REPETIÇÃO	3	9,947917 ^{NS}	6,78125 ^{NS}
CULTIVAR X CONCENTRAÇÃO	3	533,0312**	193,4479**
RESÍDUO	21	6,638393	5,066964
TOTAL	31		-
C.V.		3,33	2,48

* significativo pelo teste de F a 5%, ** significativo pelo teste de F a 1% e NS não significativo pelo teste F. GL – Graus de Liberdade. QM – Quadrado médio

As sementes produzidas em condições de estresse salino na concentração de 12,5 mM apresentaram menor qualidade fisiológica em relação ao tratamento controle (0 mM), para todos os cultivares (Tabela 9).

Tabela 9. Qualidade fisiológica de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Avaxi CL, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), produzidas sob concentrações de NaCl, avaliadas pelos testes de primeira contagem de germinação (1ªTG) e germinação (TG). Pelotas, RS – 2014.

CULTIVAR	1TG (%)		TG (%)	
	0	12,5	0	12,5
IRGA 417	86 Aa	76 Bb	97 Aa	89 Bb
Avaxi CL	87 Aa	81 Ba	97 Aa	94 Ba
Inov CL	85 Aa	73 Bb	96 Aa	86 Bb
IAS 12-9 (Formosa)	86 Aa	45 Bc	97 Aa	71 Bc

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Tais resultados corroboram aos obtidos por Souza *et al.*(2014), em sementes de quiabo, ao observarem que houve germinação superior nas sementes produzidas sem estresse salino, em relação aos demais estresses salinos, confirmando que o aumento da salinidade afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes. Todavia, Lemes *et al.* (2013) não verificaram menor qualidade fisiológica nas sementes produzidas em condições de salinidade.

Nos parâmetros teste de primeira contagem de germinação e teste de germinação (Tabela 9) no tratamento controle não houve diferenças entre as sementes produzidas pelos diferentes cultivares. Na concentração de 12,5 mM, o cultivar Avaxi CL apresentou a melhor qualidade fisiológica, diferindo-se dos demais cultivares, ao passo que a cultivar IAS 12-9 (Formosa) foi a que obteve a menor qualidade fisiológica.

Os resultados obtidos evidencia a maior sensibilidade do cultivar IAS 12-9 (Formosa) em relação aos demais cultivares, quanto ao estresse salino.

CONCLUSÕES

- A qualidade fisiológica de sementes de arroz apresenta redução com o aumento dos níveis de estresse salino.

- Há redução na produção de sementes de arroz em condições de estresse salino.

- Cultivares de arroz mostraram respostas diferenciadas sob condições de estresse salino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. A de. C.; GONÇALVES, N. J. M.; GOUVEIA, J. P. G de; CAVALCANTES, L. F. Comportamento da germinação de sementes de arroz em meios salinos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.3, n.1, p.47-51, 2001.

AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação à água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p. 167-176. 2002.

ASCH, F.; DINGKUHN, M.; DÖRFFLING, K.; MIEZAN, K. Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. **Euphytica**, v.113, p.109-118, 2000.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7a. Edição, Viçosa: Editora UFV, 2005. 611p.

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

CARMONA, F. C. de; ANGHINONI, I.; WEBER, E. J. Salinidade da água e do solo e seus efeitos sobre o arroz irrigado no rio grande do sul. **Boletim técnico nº 10** – IRGA. Cachoeirinha, 2011.

CARMONA, F. C. **SALINIDADE DA ÁGUA E DO SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL**. 2011.132 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

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

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturaer**, v.86, n.1, p.247-260, 2000.

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

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB: **8º Levantamento de safras 2013/2014**. Acesso em 20 de maio de 2014. Online. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_08_10_11_00_bol_etim_graos_maio_2014.pdf

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.514-521, 2009.

CUI, H.; TAKEOKA, Y.; WADA, T. Effect of sodium chloride on the panicle and spikelet morphogenesis in rice. **Japanese Journal of Crop Science**, v.64, p.593-600, 1995.

DAMIANI, C. R.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F. ABREU, C. M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) induzidas por Reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.4, p.347-352, 2003.

DEUNER, C.; MAIA, M. S.; DEUNER, S.; ALMEIDA, A. S.; MENEGHELLO, G. E. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes** v.33, p. 711-720. 2011.

FRAGA, T.I.; CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I.; GENRO JUNIOR, S.A.; MARCOLIN, E. Flooded rice yield as affected by levels of water salinity in different stages of its cycle. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.175-182, 2010.

FURTADO, R. F.; MANO, A. R. de O.; ALVES, C. R.; FREITAS, S. M. De; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.224-227, 2007.

HARTER, L. dos S. H.; HARTEK, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n.1, p. 80-85, 2014.

HARTER, L. dos S. H.; HARTEK, F. S.; MENEGHELO, G. E.; VILLELA, F. A. Physiological and biochemical performance of sunflower seeds subjected to different osmotic potentials. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**. Recife, v.9, n.1, p.1-6, 2014.

KHAN, M. H.; PANDA, S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.30, n.1, p.81-89, 2008.

KHATUN, S.; FLOWERS, T.J. The estimation of pollen viability in rice. **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.151-154, 1995.

KLAFKE, A. V.; LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Desempenho de sementes nuas e revestidas de azevém-anual em condições de estresse salino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1093-1099, 2012

LEMES, E. S.; DIAS, L. W.; OLIVEIRA, S. de; MENDONÇA, A. O de; MENEGHELLO, G. E.; BARROS, A. C. S. Produtividade, qualidade fisiológica e expressão isoenzimática de sementes de arroz submetidas à salinidade. In: **VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**, 2013, Porto Alegre, 2013. Disponível em <http://www.cbai2013.com.br/cdonline/docs/trab-8562-188.pdf> . Acesso em 30/01/2014.

LIMA, M. da G. de S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. de.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n.1, p.54-61, 2005.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de sob influência do teor de substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes** v.30, p. 79-85. 2008.

MAAS, E. V.; POSS, J. A.; HOFFMAN, G. J. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. **Irrigation Science**, v.7, n.1, p.1-11, 1986.

MACHADO, A. **Programa de Análise Estatística – winstat 2**, 2002. Disponível em: <http://www.ufpel.tche.br/~amachado/winstat/software> Acesso em: 15/10/2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination- aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARCHEZAN, E.; MARTIN, T. N.; SANTOS, F. M. dos; CAMARGO, E. R. Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em arroz. **Revista Ciência Rural**, v.35, n.5, 2005.

MENEZES, N. L.; SILVEIRA, T. L. D. Métodos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Scientia Agricola**, v.52, p. 350 – 359, 1995.

MOHAMMAD, M.; SHIBLI, R.; AJOUNI, M. *et al.* Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.1, p.1667-1680,1998.

MORALES, M. A.; OLMOS, E.; TORRECILLAS, A.; ALARCON, J. J. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium* sp. grown in conditions of saline stress. **Flora, Jena**, v.196, n.5, p.345-352, 2001.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.2, p.2-24.

NOGUEIRA, N. W.; LIMA, J. S. S. de; FREITAS, R. M. O. de; RIBEIRO, M. C. C.; LEAL, C. C. P.; PINTO, J. R. de S. Efeito da salinidade na emergência e

crescimento inicial de plântulas de flamboyant. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n 3 p. 466 - 472, 2012.

QUEIROGA, R. C.; ANDRADE NETO, R. C.; NUNES, G. H. S.; MEDEIROS, J. F., ARAÚJO, W. B. M. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.3, p.315-319, 2006.

RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NERY, A. R.; CORREIA, K. G. Produção de arroz em condições de salinidade a partir de mudas formadas com e sem estresse salino. **Revista Brasileira Engenharia de Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.95-100, 2005.

SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H.C. de P.; FERREIRA, C. M.(Ed). **ARROZ – 500 PERGUNTAS 500 RESPOSTAS**. EMBRAPA. 2ª edição. 2013.

SILVA, R. N. da; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. de; PEREIRA, A. L. de A.; DUARTE, G. L. Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n 1, p.40-44, 2007.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. SOARES, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n.4, p.335-342, 2008.

SOUZA, P. S. DE L.; BENEDITO, C. P. GOMES, M. D. DE A.; TORRES, S. B. Qualidade física e fisiológica de sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) produzidas em diferentes lâminas de água salina. In: **II INOVAGRI International Meeting**, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/II-INOVAGRI-2014/a033.pdf> . Acesso em 06/08/2014.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, v.42, p.211-220, 1999.

TAKEMURA, T.; HANAGATA, N.; SUGIHARA, K. et al. Physiological and biochemical responses to salt stress in the mangrove, *Bruguiera gymnorhiza*. **Aquatic Botany**, v.68, n.1, p.15-28, 2000.

TORRES, S. B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 77-82, 2007.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S do; DIAS, N. da S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.371–376, 2011.

.CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E QUALIDADE DE SEMENTES DE ARROZ PRODUZIDAS SOB ESTRESSE SALINO

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência na qualidade física e fisiológica de quatro cultivares de sementes de arroz produzidas em condições de estresse salino. O trabalho foi conduzido na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas. Foram utilizadas quatro cultivares de arroz: IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) e a lâmina de água foi mantida durante todo o ciclo da cultura com as concentrações de soluções salinas nas seguintes concentrações: zero, (0,0g de NaCl L⁻¹), 4 mM (0,234g de NaCl L⁻¹), 8 mM (0,468 de NaCl L⁻¹), 12 mM (0,702g de NaCl L⁻¹) e 16 mM(0,936g de NaCl L⁻¹). As variáveis analisadas foram: emergência em campo, índice de velocidade de emergência, comprimento de parte aérea, área foliar e fitomassa seca da parte aérea. Após completar o ciclo da cultura, avaliaram-se as seguintes características agronômicas em cada uma das plantas: número de panículas, peso total das panículas, peso total de sementes cheias, peso total de sementes chochas, porcentagem de sementes cheias, porcentagem de sementes chochas e peso de mil sementes. A qualidade fisiológica das sementes colhidas das plantas mantidas sob estresse da salinidade foi avaliada pelas variáveis: teste de germinação, primeira contagem de germinação e teste de frio. As variáveis das características agronômicas foram conduzidas com delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. Para as variáveis da qualidade fisiológica, estas foram conduzidas com delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Para análise estatística utilizou-se o programa estatístico Winstat, sendo as médias submetidas à análise de variância, e, posteriormente, havendo significância, realizou-se teste de comparação de médias e análise de regressão polinomial. Concluiu-se que as cultivares de arroz IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) apresentam redução da produção de sementes sob condições de estresse salino; a qualidade fisiológica de sementes de arroz das cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), não são afetadas negativamente em concentrações salinas até 16 mM.

Palavras- chave: *Oryza sativa* L. Produção de sementes. Estresse salino.

AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND RICE SEED QUALITY PRODUCED UNDER SALT STRESS

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the influence on the physical and physiological quality of four rice seed varieties produced in salt stress conditions. The work was conducted at the Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas. There were four rice cultivars IRGA 417, Epagri 109, BRS Querencia and IAS 12-9 (Formosa) and the water slide was maintained throughout the crop cycle with concentrations of salt solutions at the following concentrations: zero (0.0 g NaCl L⁻¹), 4 mM (0.234g NaCl L⁻¹), 8 mM (0.468 NaCl L⁻¹), 12 mM (0.702g NaCl L⁻¹) and 16 mM (0.936g for NaCl L⁻¹). The variables analyzed were: field emergence, emergence speed index, shoot length, leaf area and dry mass of shoots. After completing the cycle, evaluated the following agronomic characteristics in each of the plants number of panicles, total weight of panicles, total weight of filled seeds, total weight of empty seeds, percentage of full seeds, percentage of empty seeds and thousand seed weight. The physiological quality of seeds harvested from plants grown under salinity stress was assessed by the variables: germination test, first count and cold test. The variables of the agronomic characteristics were conducted with a completely randomized design with six replications. For the variables of physiological quality, these were conducted with a completely randomized design with four replications. Statistical analysis was performed using the statistical program Winstat and the means subjected to analysis of variance, and later, with significance, there was mean comparison test and polynomial regression analysis. It was concluded that the rice IRGA 417, Epagri 109, BRS Querencia and IAS 12-9 (Formosa) have reduced production of seeds under salt stress; the physiological quality of rice seeds of the cultivars IRGA 417, Epagri 109, BRS Querencia and IAS 12-9 (Formosa), are not adversely affected in salt concentrations up to 16 mM.

Key word: *Oryza sativa* L. Seed production. Salt stress.

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul a área cultivada com arroz (*Oryza sativa*, L.) anualmente é de cerca de um milhão de hectares. A Laguna dos Patos é a fonte mais utilizada para irrigação nas regiões de produção, Região Sul e Planícies costeiras; esta possui ligação com o Oceano Atlântico, sofre influência, principalmente em épocas de baixa precipitação pluvial e elevada demanda, tanto atmosférica quanto das próprias lavouras de arroz do seu entorno (CARMONA, 2011).

Dependendo do período de desenvolvimento do arroz, em especial de plântula e reprodutivo, a salinidade da água de irrigação pode causar danos irreversíveis, ocasionando diminuição do perfilhamento, esterilidade de espiguetas e morte de plantas (SANTIGO *et al.*, 2013).

A maioria das cultivares utilizadas atualmente no Rio Grande do Sul é suscetível a este tipo de estresse, tanto no período de plântula, quanto no reprodutivo. Tudo isso leva a necessidade do entendimento da dinâmica da salinidade da água e do solo e do conhecimento do seu efeito no crescimento das plantas e no rendimento de grãos do arroz irrigado por inundação, essencial para a sustentabilidade das lavouras nas áreas abrangidas por essa ocorrência (CARMONA, 2011).

Os problemas enfrentados pela salinidade na produção de grãos podem ser mais expressivos na produção de sementes, uma vez que nessa deve-se preocupar não somente com a quantidade produzida, mas também com a qualidade fisiológica.

De acordo com os dados da Associação Brasileira de Sementes e Mudas (ABRASEM, 2013), o Brasil produziu aproximadamente 104 mil toneladas de sementes de arroz irrigado, sendo o Rio Grande do Sul responsável por cerca de 60% da produção, muito embora a taxa de utilização de sementes no Estado seja de aproximadamente 42%.

A salinidade afeta o desempenho das plantas através de déficit de água, toxicidez provocadas por íons, desequilíbrio nutricional, (MUNNS e TERMAAT 1986) e indiretamente mediando competições inter-específicas (PENNINGGS e CALLAWAY 1992).

As conseqüências lesivas da elevada salinidade foram notadas na planta inteira, resultando em morte ou diminuição da produtividade. Assim, como em resposta aos danos causados pelo excesso de sal, muitas planta ampliaram os mecanismos de tolerância através de exclusão e/ou compartimentalização de sais (ESTEVEES e SUZUKI, 2008).

Em geral, a salinidade no solo afeta negativamente a germinação, o estande de plantas, o desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, nos casos mais graves, pode causar a morte das plântulas poucos dias após iniciar o processo germinativo (TAIZ e ZEIGER, 2006). Os efeitos do excesso de sais solúveis se manifestam através da pressão osmótica elevada e à ação tóxica de alguns elementos, como o Na^+ e o Cl^- , que promovem distúrbios fisiológicos à planta, podendo ocasionar sua morte (MELLO *et al*, 1983).

Um dos métodos mais difundidos para determinação da tolerância das plantas ao excesso de sais é a observação da porcentagem de germinação em substratos salinos (LIMA e TORRES, 2009). A redução do poder germinativo, em comparação ao controle, serve como um indicador do índice de tolerância da espécie à salinidade (GÓIS *et al.*, 2008). Nesse método, a habilidade para germinar indica, também, a tolerância das plantas aos sais em estádios subsequentes do desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2006).

Estudos avaliando a qualidade das sementes produzidas em solos salinos, são escassos na literatura, encontram-se vários estudos avaliando a germinação de algumas culturas em solos salinos com o objetivo de investigar o nível de tolerância. No entanto, não é avaliada posteriormente a qualidade das sementes produzidas a partir da irrigação com água contendo sal (SOUZA *et al.*, 2014).

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência nas características agrônômicas e qualidade física e fisiológica de sementes de quatro cultivares de sementes de arroz produzidas em condições de estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes Flávio Farias Rocha e a campo em área experimental da Faculdade

de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel).

Foram utilizadas quatro cultivares de arroz: IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa).

Na área experimental foi realizada a semeadura utilizando sementes com germinação de 88 a 92%. A semeadura ocorreu em baldes contendo 10 kg de solo do tipo Planossolo Hidromórfico Eutrófico Solódico, devidamente corrigido conforme análise de solo. Para a realização dos testes, foram semeadas 15 sementes por balde, deixando aos 21 dias após a semeadura uma única plântula, selecionada pelo maior vigor que apresentava, para ser conduzida até o fim do ciclo da cultura. A lâmina de água foi mantida durante todo o ciclo da cultura com as concentrações de soluções salinas nas seguintes concentrações: zero, (0,0g de NaCl L⁻¹), 4 mM (0,234g de NaCl L⁻¹), 8 mM (0,468 de NaCl L⁻¹), 12 mM (0,702g de NaCl L⁻¹) e 16 mM(0,936g de NaCl L⁻¹).

As variáveis analisadas foram: emergência em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de plântula (CPA), área foliar (AF) e fitomassa seca (FMS).

Índice de velocidade de emergência (IVE): – realizou-se mediante a contagem diária do número de plântulas emergidas até estabilização do número das plântulas e o cálculo do índice de velocidade efetuado pela seguinte fórmula $IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$ onde: E1, E2, En = número de plântulas emergidas no primeiro, segundo, até a última contagem e N1, N2, Nn = número de dias desde a primeira, segunda, até a última contagem, conforme MAGUIRE (1962). Foram semeadas 15 sementes por unidade experimental.

Emergência em campo (EC): - avaliada conjuntamente com a determinação do índice de velocidade de emergência. As avaliações foram realizadas no vigésimo primeiro dia após a semeadura, computando-se o número de plântulas emergidas com comprimento não inferior a 5mm, conforme NAKAGAWA (1999);

Comprimento de parte aérea (CPA): - realizado no vigésimo primeiro dia após a semeadura, utilizando-se para tal 10 plântulas normais provenientes do teste de emergência. Obtendo-se o valor médio por plântula em cm.

Área foliar (AF): - foram coletadas 10 plântulas provenientes da avaliação emergência, que foram avaliadas individualmente em um medidor de área foliar modelo LI 3100/Área Meter, sendo obtidos valores médios por repetição.

Fitomassa seca de parte aérea (FMS): - avaliada conjuntamente com o comprimento de plântula, as plântulas foram secas em estufa com circulação de ar forçado a uma temperatura de 72°C, por 72 horas. As amostras foram então colocadas em dessecador contendo sílica para resfriamento e posterior pesagem em balança analítica com precisão de 0,0001g (NAKAGAWA, 1999).

Durante o ciclo da cultura, foram realizadas seis aplicações de uréia, para tal foram utilizados 45 kg de uréia por hectare o que correspondia a 1,6 gramas por planta ou por balde. Também foram realizadas duas aplicações de fungicida Nativo[®] (Trifloxistrobina e Tebuconazol) e duas aplicações de inseticidas Pirephos[®] (esfenvalerato + fenitrotiona) e Karate Zeon 50 CS[®] (lambda-cialotrina) para controle de lagartas e percevejos.

Após completar o ciclo da cultura, avaliaram-se as seguintes características agrônômicas em cada uma das plantas: número de panículas (NP), peso total das panículas (PTP), peso total de sementes cheias (PS), peso total de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochas (C) e peso de mil sementes (PMS).

Número de panículas (NP): avaliada conjuntamente com a colheita, sendo computadas todas as panículas por planta que haviam formado sementes, tanto chochas quanto cheias. Após as panículas foram secas em secador estacionário até uniformizar a umidade das sementes, até 13% de umidade final.

Peso total das panículas (PTP): após a secagem, as panículas foram debulhadas manualmente e, efetuou-se a pesagem do total de sementes produzidas. Posteriormente, as amostras foram passadas em um soprador de sementes onde se efetuou a separação das sementes cheias e sementes chochas.

Peso total de sementes cheias (PS): após passagem pelo soprador, as sementes oriundas da porção de sementes cheias, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g.

Peso total de sementes chochas (PC): após passagem pelo soprador, as sementes oriundas da porção de sementes chochas, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g.

Porcentagem de sementes cheias (S): a partir do peso total de sementes, calculou-se a porcentagem e sementes cheias.

Porcentagem de sementes chochas (C): a partir do peso total de sementes, calculou-se a porcentagem e sementes chochas.

Peso de mil sementes (PMS): foram contadas e pesadas oito subamostras de 100 sementes. O resultado foi calculado multiplicando-se por 10 e a média obtida das subamostras (BRASIL, 2009).

A qualidade fisiológica das sementes colhidas das plantas mantidas sob estresse por salinidade foi avaliada pelas variáveis: teste de germinação (TG), primeira contagem de germinação (1°CG) e teste de frio (TF).

Teste de germinação: foram utilizadas quatro repetições com quatro subamostras de 50 sementes, por unidade experimental. Semeadas em papel germitest, umedecido, previamente, com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram mantidos em germinador a uma temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, as contagens realizadas aos sete e quatorze dias após a semeadura. A apresentação dos resultados feita pela média aritmética das quatro repetições, em números inteiros, expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação: realizada conjuntamente com o teste de germinação, consistiu no registro da porcentagem de plântulas normais verificada na primeira contagem do teste de germinação, efetuada no sétimo dia após a semeadura (NAKAGAWA, 1999), e os resultados expressos em porcentagem.

Teste de frio: foram utilizadas quatro repetições com quatro subamostras de 50 sementes, por unidade experimental. As sementes foram semeadas em rolos de papel “germitest”, umedecido previamente com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, e mantidas em refrigerador regulado a 10°C , por sete dias. A seguir, foram transferidas para germinador regulado a uma temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$. As avaliações foram realizadas segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A contagem do

número de plântulas normais foi realizada aos sete dias após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem (CÍCERO e VIEIRA, 1994).

As variáveis das características agrônômicas foram conduzidas com delineamento blocos ao acaso com seis repetições, sendo cada balde uma unidade experimental. Para avaliação da qualidade fisiológica, utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Ambas distribuídas em fatorial cultivar (4) x concentração (5). Na análise estatística utilizou-se o programa estatístico Winstat (MACHADO, 2002), sendo as médias submetidas à análise de variância, e, posteriormente, havendo significância, realizou-se teste de comparação de médias (Tukey) e análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 1) demonstrou que para o efeito de cultivar somente o comprimento de parte aérea não apresentou efeito significativo, as demais variáveis apresentaram significância de 1% pelo teste F.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características emergência em campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de parte aérea (CPA), área foliar (AF) e fitomassa seca da parte aérea, e estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0, 4, 8,12 e 16 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.

	GL	QM				
		EC	IVE	CPA	AF	FPA
CULTIVAR	3	1195,022**	0,1743256**	1,266213 ^{NS}	6,8449**	0,0002012111**
CONCENTRAÇÃO	4	105,825 ^{NS}	0,02738435 ^{NS}	5,132422 ^{NS}	0,464909 ^{NS}	3,491667E-006 ^{NS}
BLOCO	5	412,9133	0,1245682	7,518157	0,7363387	1,783333E-005
CULTIVAR X CONCENTRAÇÃO	12	179,8972 ^{NS}	0,04206796 ^{NS}	5,780077 ^{NS}	0,642394 ^{NS}	1,119722E-005 ^{NS}
RESÍDUO	95	143,2818	0,04007385	5,881774	0,7687311	1,558772E-005
C.V. (%)		15,29	17,77	19,73	19,90	19,43

** significativo pelo teste de F a 5%, * significativo pelo teste de F a 1% e NS não significativo pelo teste F

Nos resultados apresentados na Tabela 2 observa-se que para o efeito isolado cultivar e concentração houve significância pelo teste F a 1% para as variáveis número de panículas e peso de mil sementes. A interação concentração x cultivar (Tabela 2) foi significativa para as demais variáveis.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características número de panícula (NP), peso total de panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochas (C) e peso de mil sementes (PMS) e Estimativa da variância da cultivar, concentração, bloco e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.

	GL	QM						
		NP	PTP	PS	PC	S	C	PMS
CULTIVAR	3	1290,097**	12633,82**	16938,26*	320,3159*	4079,308**	4079,27**	69,1622**
CONCENTRAÇÃO	4	307,9167**	12459,2**	12655,98*	2,359688 ^{NS}	582,8954**	582,935**	42,2620**
BLOCO	5	43,52833 ^{NS}	28,54077 ^{NS}	35,69076 ^{NS}	2,051341 ^{NS}	15,69353 ^{NS}	15,6950 ^{NS}	0,75447 ^{NS}
CULTIVAR CONCENTRAÇÃO	X 12	46,69444 ^{NS}	1407,847**	1317,52*	11,89237*	266,683**	266,680**	2,29748 ^{NS}
RESÍDUO	95	44,25114	175,7416	176,8298	3,475073	42,86935	42,86884	0,9013847
C.V. (%)		13,25	18,09	19,48	37,44	7,33	61,27	4,29

* significativo pelo teste de F a 5%, ** significativo pelo teste de F a 1% e NS não significativo pelo teste F

Na análise de variância para as variáveis da qualidade fisiológica das sementes colhidas (Tabela 3) observa-se que os fatores isolados cultivar e concentração, foram significativos a 1% pelo teste F no teste de germinação.

Tabela 3. Resumo da análise de variância do teste de germinação (TG), primeira contagem do teste de germinação (1TG) e teste de frio (TF) e Estimativa da variância da cultivar, concentração, repetição e cultivar x concentração, de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) submetidos a concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM de NaCl. Pelotas, RS – 2014.

	GL	QM		
		TG	1TG	TF
CULTIVAR	3	39,28333**	1679,783**	770,7**
CONCENTRAÇÃO	4	20,73125**	127,8562**	94,54375**
REPETIÇÃO	3	10,88333*	3,55 ^{NS}	7,033333 ^{NS}
CULTIVAR X CONCENTRAÇÃO	12	30,81458 ^{NS}	88,52292**	15,25208**
RESÍDUO	57	2,637719	6,804386	3,217544
C.V. (%)		1,74	3,39	2,16

* significativo pelo teste de F a 5%, ** significativo pelo teste de F a 1% e NS não significativo pelo teste F

A interação cultivar x concentração foi não significativa pelo teste F para os testes de primeira contagem de germinação e de frio.

No teste de emergência em campo (Tabela 4) observa-se que houve diferenças de comportamento entre os cultivares, onde mesmo em condições de estresse salino, o cultivar IRGA 417 apresenta emergência de 87 %, sendo esse superior aos cultivares Epagri 109 e IAS 12-9 (Formosa) e similar à cultivar BRS Querência.

O índice de velocidade de emergência é um método no qual se avalia indiretamente o vigor das sementes, sendo os melhores resultados obtidos ao se constatar uma rápida e uniforme emergência das plântulas. Neste trabalho avaliou-se o comportamento dos diferentes cultivares em várias concentrações de sais, e a partir dos resultados constatou-se a superioridade do cultivar IRGA 417 em relação aos demais cultivares (Tabela 4). Tal diferença de

comportamento entre cultivares de arroz também foi observado por Lima *et al.* (2005), ao observarem que os quatro cultivares apresentaram comportamentos diferenciados no índice de velocidade de germinação ao serem submetidos a estresse salino.

Tabela 4. Qualidade fisiológica de sementes de arroz dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos testes de emergência no campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de parte aérea (CPA), área foliar (AF) e fitomassa seca da parte aérea (FPA) Pelotas, RS – 2014.

CULTIVAR	EC	IVE	CPA	AF	FPA
	%		cm	cm ²	mg
IRGA 417	87 A	1,238 A	12,0*	4,55 A	21,6 AB
Epagri 109	72 B	1,067 B	12,5	4,35 AB	16,9 C
BRS Querência	79 AB	1,101 B	12,2	3,79 B	19,8 B
IAS 12-9 (Formosa)	75 B	1,099 B	12,4	4,93 A	22,9 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

* Valores não significativos para as variáveis analisadas.

No presente estudo não constatou-se o efeito das concentrações de salinidade testadas para as variáveis índice de velocidade de emergência e da porcentagem de emergência (Tabela 1). Tais resultados discordam dos observados por Klafke *et al.* (2012), no qual trabalhando com sementes de Azevém anual os autores, concluíram que a emergência decresce com aumento da salinidade do meio. Os mesmos autores também constataram que o aumento na concentração salina reduziu a velocidade de emergência (IVE), ou seja, quanto mais negativo o potencial osmótico, mais lento foi o processo germinativo.

A redução no IVE e na porcentagem de plântulas emergidas, com o aumento do estresse salino podem estar relacionados com o estresse hídrico produzido, pois quando existe aumento da concentração de sais no meio germinativo, há uma diminuição do potencial hídrico. E conforme Tôrres *et al.* (2004) ocorre o desbalanço nutricional, ocasionado pela inibição da absorção

e transporte de nutrientes, bem como, os efeitos tóxicos de íons, particularmente cloro e sódio.

De acordo com Maas (1993), muitas culturas são susceptíveis à injúria durante a emergência no solo e durante o crescimento inicial da plântula. Uma vez estabelecidas, as plantas aumentam a tolerância durante os estádios de crescimento seguintes.

Para a variável comprimento de parte aérea (Tabela 1 e 4) os dados não apresentaram diferenças significativas, discordando dos resultados obtidos por Deuner *et al.* (2011), os quais observaram que no comprimento de parte aérea e de sistema radicular, para os quatro genótipos de feijão miúdo testados, os mesmos apresentaram tendência semelhante frente aos tratamentos estabelecidos, ou seja, com a aplicação do estresse salino e o aumento das suas concentrações, houve redução a razão constante nas variáveis comprimento de parte aérea e radicular. Todavia que os mesmos autores constataram que os valores observados entre os quatro genótipos apresentaram considerável diferenças.

Em sementes de arroz de quatro cultivares Lima *et al.* (2005), não observaram diferenças significativas no comprimento de parte aérea nas diferentes concentrações testadas.

A variável área foliar (Tabela 4) apresentou diferenças significativas entre as cultivares, onde o cultivar BRS Querência apresentou o menor resultado entre os cultivares testados, corroborando os resultados obtidos por Melo *et al.* (2006), em sementes de arroz, no qual os autores observaram que os valores médios de área foliar entre os genótipos testados diferiram entre si. Novamente não foi constatado o efeito das concentrações de salinidade sobre a variável índice de área foliar (Tabela 1), diferentemente dos resultados obtidos para área foliar, Harter *et al.*, (2014), observaram que o aumento do estresse salino ocasionou redução no índice de área foliar de maneira linear, em sementes de mogango.

A avaliação da fitomassa seca da parte aérea permitiu observar que houve diferenças significativas entre os cultivares testados, no qual o IAS 12-9 (Formosa) foi o que apresentou maior fitomassa seca (Tabela 4). Quanto as

concentrações avaliadas não houve efeito significativo das mesmas (Tabela 1), para Lima *et al.* (2005) avaliando a qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino, verificaram que em todas as cultivares testadas a fitomassa seca da parte aérea declinou com o incremento da concentração de NaCl. Fato também observado em sementes de feijão miúdo, onde a salinidade também afetou a produção de massa seca de ambas as partes das plântulas para os quatro genótipos de feijão-miúdo (DEUNER *et al.*, 2011). Com o aumento das concentrações salinas houve queda constante na produção de massa seca tanto na parte aérea quanto nas raízes.

A produção da cultura de arroz é determinada por quatro componentes: número de panículas por área, número de espiguetas por panícula, porcentagem de espiguetas férteis e massa de mil grãos (COSTA *et al.*, 2000).

Ao término do ciclo, as plantas foram avaliadas quanto as características agronômicas e as sementes quanto a qualidade física e fisiológica. Sendo os parâmetros das características agronômicas avaliados através do número de panículas, peso total de panículas, peso de sementes cheias, peso de sementes chochas, porcentagem de sementes cheias, porcentagem de sementes chochas e peso de mil sementes (Tabela 5).

Quanto ao número de panículas (Tabela 5) ficou evidente o efeito do fator cultivar, uma vez que houve diferenças entre as mesmas. Dos cultivares estudados a que apresentou o menor número de panículas por planta foi o BRS Querência, sendo 27% menor que o cultivar IRGA 417, o qual apresentou o maior numero de panículas.

Para o peso total de panículas (Tabela 5) o cultivar Epagri 109 diferenciou-se dos demais cultivares estudados, apresentando o menor peso de panículas. Fato este facilmente observado nos cultivares IRGA 417 e BRS Querência, que apresentaram incremento de 100% em relação ao Epagri 109, para o peso total de panículas. O número e peso total das panículas é uma característica eminentemente de natureza genética, no entanto, a variação do nível de salinidade não afetou esta característica de maneira diferenciada entre os cultivares testados.

Tabela 5. Características agrônômicas de plantas de arroz produzidas sob estresse salino dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos parâmetros número de panículas (Nº PAN), peso total das panículas (PTP), peso de sementes cheias (PS), peso de sementes chochas (PC), porcentagem de sementes cheias (S), porcentagem de sementes chochas (C) e peso de mil sementes (PMS). Pelotas, RS – 2014.

CULTIVAR	Nº PAN und	PTP gr	PS gr	PC gr	S %	C %	PMS gr
IRGA 417	56 A	86,06 A	83,41 A	2,65 C	96,6 A	3,4 B	21,67 C
Epagri 109	50 B	43,02 B	33,31 C	9,80 A	71,9 B	28,1 A	24,03 A
BRS Querência	41 C	86,04 A	82,63 AB	3,41 BC	94,5 A	5,5 B	22,44 B
IAS 12-9 (Formosa)	54 AB	77,92 A	73,70 B	4,05 B	94,2 A	5,8 B	20,40 D

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Na Tabela 5, o peso de sementes variou de 83,41 a 33,31 gramas. O cultivar Epagri 109 diferenciou-se dos demais; enquanto que o cultivar IRGA 417 diferenciou-se dos cultivares Epagri 109 e IAS 12-9 (Formosa), tal diferenciação é esperada uma vez que a constituição genética das mesmas confere diferentes níveis de tolerância ao estresse estudado.

No quesito peso de sementes chochas (Tabela 5) o cultivar Epagri 109 se diferenciou dos demais apresentando o maior peso de sementes chochas e o cultivar IRGA 417, em contrapartida, apresenta o menor diferenciando-se dos cultivares IAS 12-9 (Formosa) e Epagri 109. Para variável porcentagem de sementes cheias e porcentagem de sementes chochas apenas a cultivar Epagri 109 diferenciou-se das demais, apresentando o maior percentual de sementes chochas (vazias). O peso de mil sementes, por sua vez, (Tabela 5) observou-se o efeito dos cultivares, onde todos se diferenciaram estatisticamente, os valores variaram de 20,40 gramas a 24,03 gramas, ou seja, uma diferença de até 15%.

Na variável número de panículas não houve interação significativa para concentração x cultivar (Tabela 2), no entanto para concentração houve significância, ou seja, $P < 0,05$. Na Figura 1 observa-se que o aumento da salinidade ocasionou redução no número de panículas por planta, tal redução ocorreu de forma linear com redução média 0,52 panícula para cada unidade de aumento das concentrações de NaCl, esses resultados corroboram aos obtidos por Rodrigues *et al.* (2005), onde os autores constataram redução no número de panículas com o aumento da salinidade na água de irrigação.

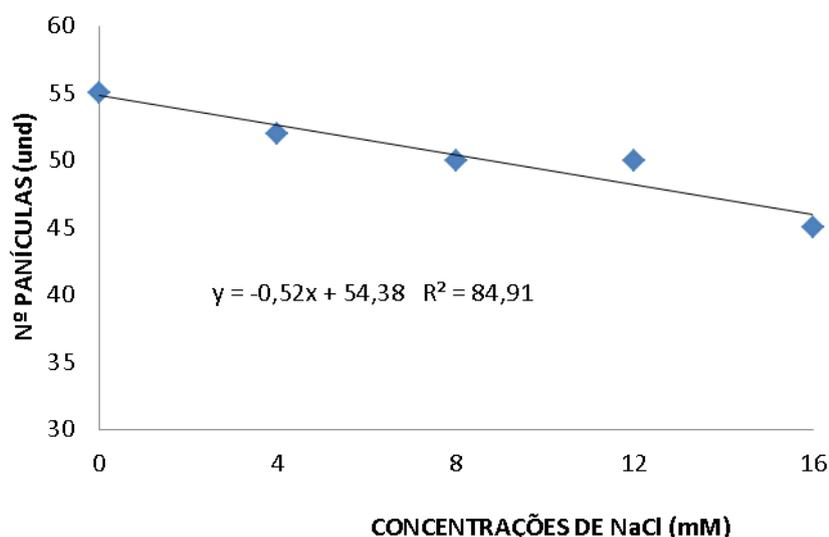


Figura 1. Número de panículas de arroz, produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM, média dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa). Pelotas, RS – 2014.

Quando em níveis acima do tolerável, a salinidade da água ocasiona perdas no estabelecimento de estande, diminuição do perfilhamento, clorose e morte de folhas, e diminuição da estatura de plantas, além de aumentar a esterilidade das espiguetas e o número de perfilhos não produtivos (CARMONA *et al.*, 2011).

A Salinidade é um fator limitante para o desenvolvimento e produtividade de plantas (ALLAKHVERDIEV *et al.* 2000 *apud* ESTEVES E SUZUKI 2008). A salinidade afeta o desempenho das plantas através do déficit de água, toxidez provocadas por íons, desequilíbrio nutricional (MUNNS e TERMAAT 1986).

Houve redução no peso total das panículas com o aumento da salinidade para todos cultivares avaliados (Figura 2), sendo que apenas o IRGA 417 apresentou tendência quadrática, onde nas primeiras concentrações não há redução no peso das panículas, no entanto a partir da concentração de 8 mM há redução acentuada no peso total das panículas, tal chegou a 17,2%.

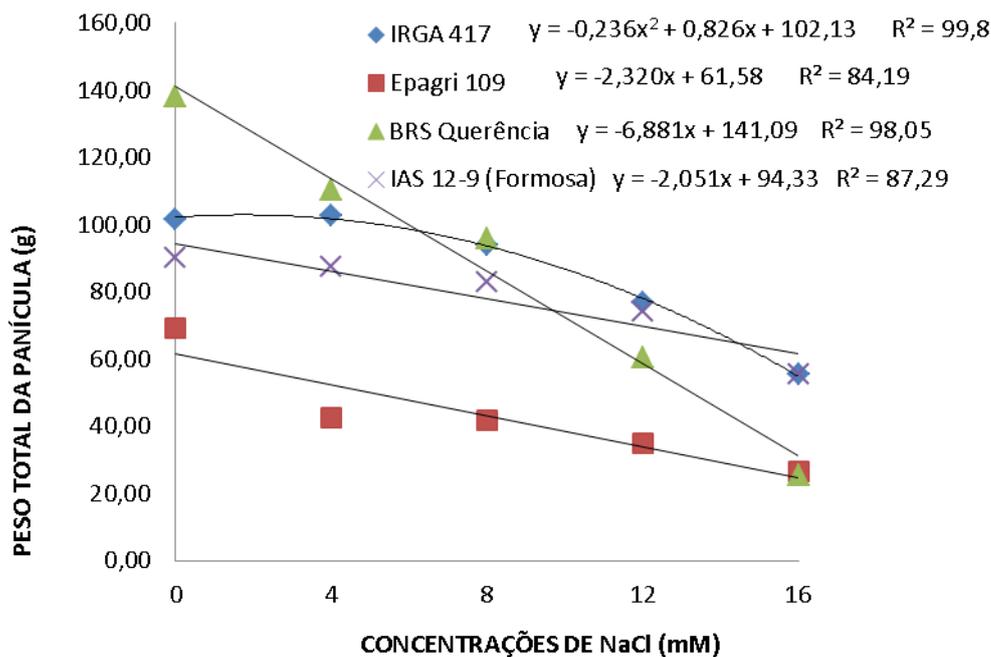


Figura 2. Peso total de panículas de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.

Os cultivares Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) (Figura 2) apresentaram tendência linear, ou seja, já nas primeiras concentrações testadas houve redução nos valores obtidos para o peso total de panículas, no entanto o cultivar BRS Querência apresenta redução de 6,88 gr no peso total de panículas, para cada unidade de aumento das concentrações de NaCl, mostrando-se extremamente sensível ao efeito da salinidade. Avaliando os componentes do rendimento em produção de aquênios de girassol irrigados com água salobra Travassos *et al.*(2011), constataram que o aumento da salinidade na água de irrigação provocaram redução na massa total de aquênios.

Após colher e pesar as panículas separou-se as sementes cheias das sementes chochas, onde se efetuou a pesagens das mesmas. O peso das sementes (Figura 3) seguiu o mesmo comportamento observado no peso total de panículas, onde os cultivares Epagri 109, BRS Querência E IAS 12-9 (Formosa) apresentaram tendência linear, no qual o aumento do estresse salino causa redução no peso de sementes, em todas as concentrações avaliadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Lemes *et al.*(2013) onde os autores constataram que o aumento da salinidade afetou negativamente o rendimento de sementes.

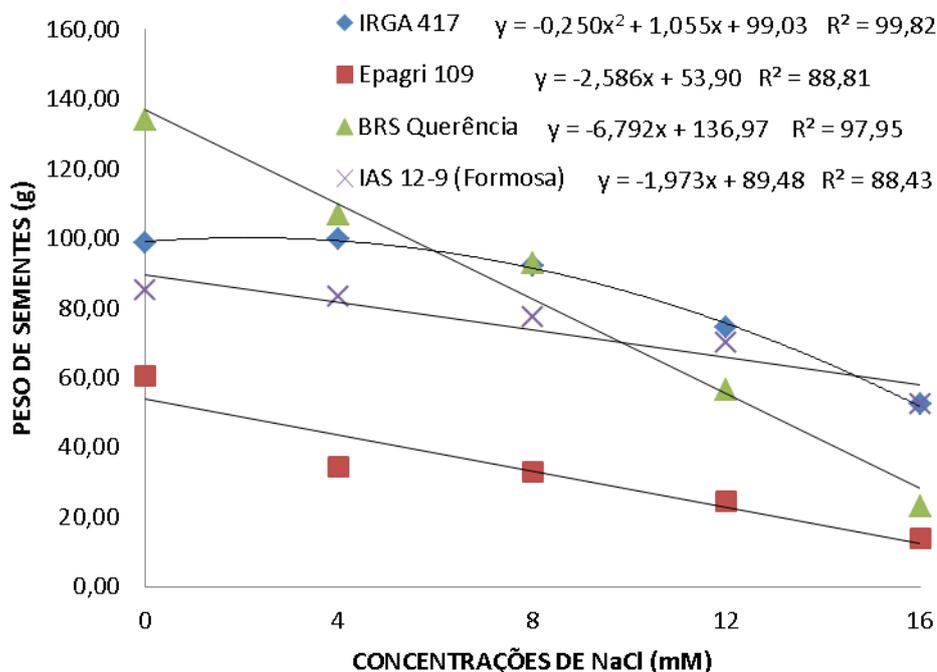


Figura 3. Peso de sementes de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.

O peso de sementes do cultivar IRGA 417 ajustou-se a uma curva quadrática (Figura 3), onde somente nas concentrações acima de 4 mM há redução nesta variável. Marcolin e Macedo (2001) consideraram o cultivar IRGA 417 sensível, pois apresentou 65% de espiguetas estéreis quando submetidas à irrigação contínua com água salinizada na concentração de 0,2% de NaCl a partir da diferenciação do primórdio floral.

Quanto ao peso de sementes chochas (Figura 4) apenas os cultivares Epagri 109 e IAS 12-9 Formosa mostraram resposta à salinidade, ambas cultivares com respostas quadrática, no entanto, de maneira contrastante, a Epagri 109 com resposta positiva, ou seja, o aumento da salinidade ocasionou o aumento do peso de sementes chochas, já o IAS 12-9 Formosa apresenta redução no peso de sementes chochas com o incremento de salinidade.

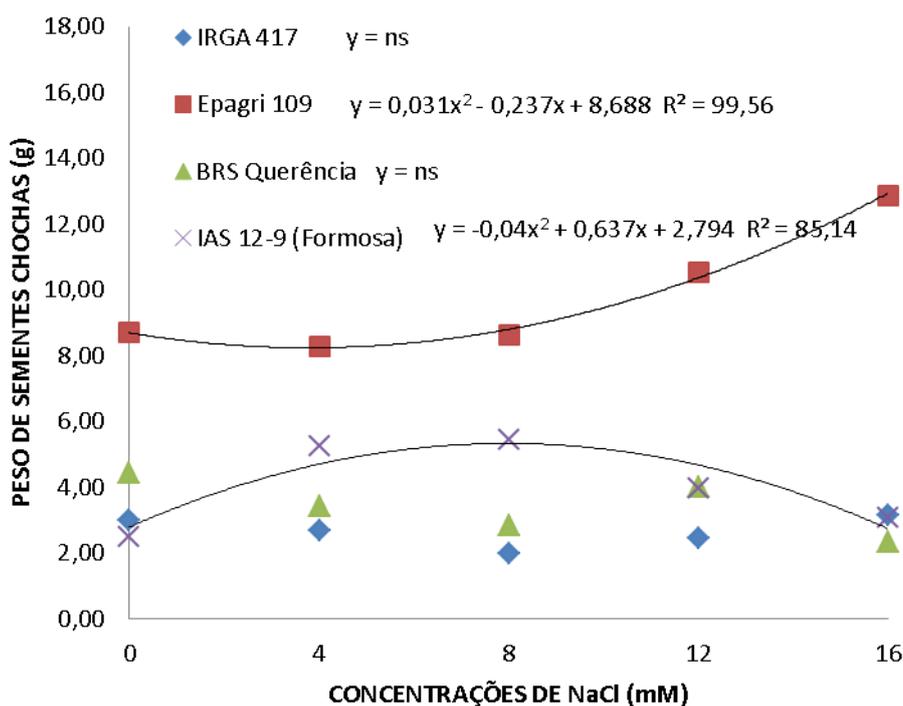


Figura 4. Peso de sementes chochas de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.

Os sintomas mais comuns produzidos pela salinidade na cultura do arroz, além da redução do crescimento, são a ocorrência de branqueamento nas pontas das folhas, com a conseqüente morte e, se a planta de arroz estiver próxima da maturidade, a ocorrência de panículas brancas e vazias na época da floração (SANTIAGO *et al.*, 2013), fato verificado durante o desenvolvimento da cultura neste estudo.

Dos cultivares estudado apenas Epagri 109 e BRS Querência que obtiveram efeitos das concentrações de salinidade (Figura 5), em ambos houve redução na porcentagem de sementes cheias produzidas com o incremento

nas concentrações de salinidade. No entanto o cultivar BRS Querência apresentou tendência linear na redução da porcentagem de sementes. Já o cultivar EPAGRI 109 apresentou redução acentuada já a partir da concentração de 4mM em relação a testemunha, permanecendo uniforme. porém a partir da concentração 12 mM novamente houve redução acentuada na porcentagem de sementes cheias. Tais resultados demonstram que para os cultivares BRS Querência e Epagri 109, o aumento de salinidade na água de irrigação proporcionou menor produção de sementes, resultados semelhantes foram observados em sementes de algodão (OLIVEIRA *et al.*, 2012) e mamona (SILVA *et al.*, 2008).

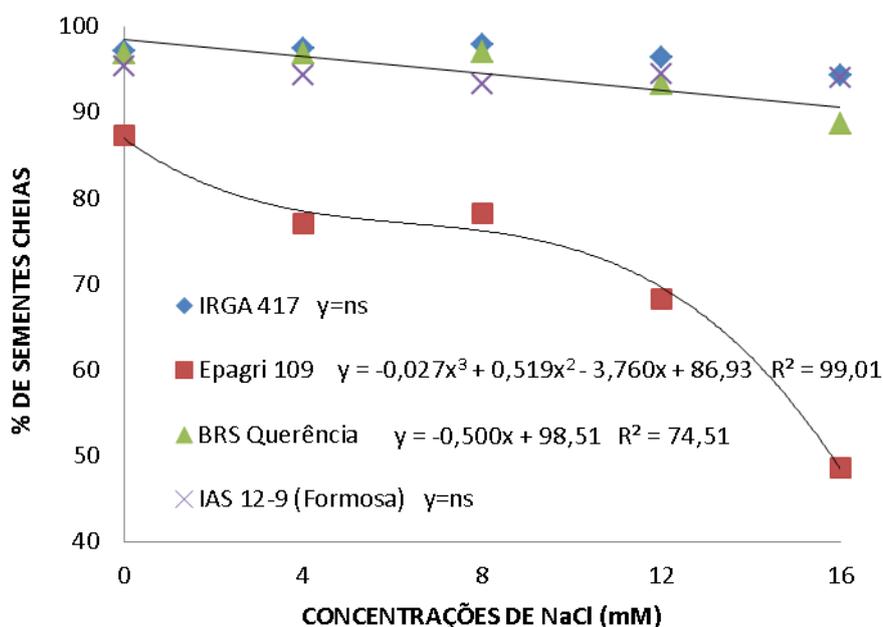


Figura 5. Porcentagem de sementes cheias de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.

Um dos principais efeitos da salinidade sobre o rendimento das plantas está relacionado com a redução do número de frutos, comportamento esse encontrado para outras espécies de interesse agrônômico, como amendoim (CORREIA *et al.*, 2009), melão (MEDEIROS *et al.*, 2008), pepino (MEDEIROS *et al.*, 2009), algodão (OLIVEIRA *et al.*, 2012), entre outras.

A porcentagem de sementes chochas foi analisada no intuito de verificar o efeito da salinidade sob a produção de sementes, uma vez que, quanto maior o percentual de sementes chochas conseqüentemente menor será a produtividade, os cultivares IRGA 417 e IAS 12-9 (Formosa) não apresentaram resposta ao efeito cultivar x concentração (Figura 6). Já nos cultivares Epagri 109 e BRS Querência houve acréscimo na porcentagem de sementes chochas com o aumento nas concentrações de salinidade. Na produção de arroz em condições de salinidade Rodrigues *et al.* (2005), concluíram que salinidade afeta, linearmente, o crescimento e a produção de grãos da cv. Formoso de arroz, com redução de 7,7% no rendimento de grãos por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

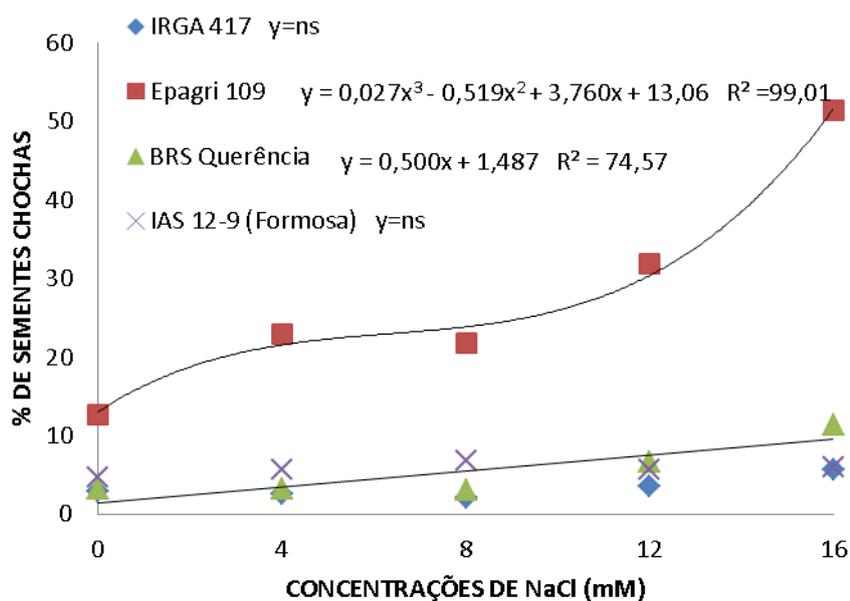


Figura 6. Porcentagem de sementes chochas de arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.

Entre os muitos efeitos observados em condições de salinidade no estágio reprodutivo é comum o aumento da esterilidade das espiguetas e o número de perfilhos não produtivos (CARMONA *et al.*, 2011).

O peso de mil sementes é uma importante variável na produção de sementes, e uma das que representam a qualidade física das mesmas. Para as

cultivares testadas, todas apresentaram redução no peso de mil sementes (Figura 7) em condições de produção com salinidade em comparação com a ausência deste estresse.

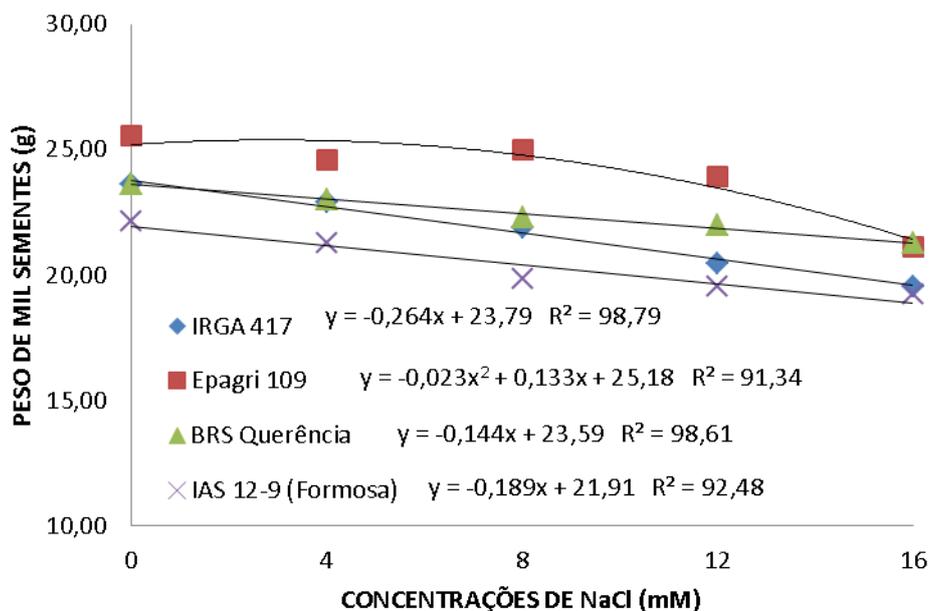


Figura 7. Peso mil sementes arroz, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.

Apenas o cultivar Epagri 109 apresenta tendência quadrática em resposta a salinidade, no qual se observou redução no peso de mil sementes nas concentrações mais elevadas (Figura 7). Para as cultivares IRGA 417, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), apresentaram curva com tendência linear para a variável peso de mil sementes em condições de estresse salino. Esses resultados corroboram aos obtido em sementes de mamona (SILVA *et al.*, 2008), amendoim (CORREIA *et al.*, 2009), girassol (TRAVASSOS *et al.*, 2011), arroz (LEMES *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2005), Quiabo (SOUZA *et al.*, 2014).

A redução no peso de mil sementes observada com o aumento das concentrações de salinidade faz com que as sementes produzidas apresentem menor acúmulo de reservas, com possível influencia na expressão do vigor. Em estudos com *Bromus auleticus* Trin. ex Nees, resultados mostraram que o

peso de mil sementes não influencia a germinação; entretanto, apresenta uma correlação positiva com o vigor das sementes (SILVA *et al.* 2007).

De acordo com a legislação atual a germinação mínima para comercialização de sementes é de 80%, sendo assim embora as sementes tenham sido produzidas em condições de estresse salino, os quatro cultivares estudados, produziram sementes com satisfatória qualidade fisiológica acima de 90% (Tabela 6). Os cultivares IRGA 417 e o IAS 12-9 (Formosa) foram superior ao demais e não diferenciaram entre si, ambos com germinação de 94%.

Tabela 6. Qualidade fisiológica de sementes de arroz produzidas sob estresse de salinidade dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), avaliadas pelos parâmetros Teste de Germinação (TG), Primeira Contagem de Germinação (1TG), Teste de Frio (TF). Pelotas, RS – 2014.

CULTIVAR	TG (%)	1TG (%)	TF (%)
IRGA 417	94 A	83 B	85 B
Epagri 109	93 B	86 A	82 C
BRS Querência	91 C	70 C	75 D
IAS 12-9 (Formosa)	94 A	68 D	90 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Os resultados dos testes de vigor permitem identificar a capacidade das sementes germinarem em condições de estresse. No presente trabalho o vigor das sementes apresentaram valores acima de 68% para o teste de primeira contagem de germinação e acima de 75 para o teste de frio (Tabela 6).

Para o teste de primeira contagem de germinação (Tabela 6) os cultivares apresentaram diferenças significativas, sendo Epagri 109 a cultivar que apresentou o maior porcentagem de sementes germinadas na primeira contagem do teste de germinação e o menor percentual foi do cultivar IAS 12-9 (Formosa).

No teste de frio as sementes são submetidas a baixas temperaturas e posteriormente são submetidas a condições ideais de germinação, no entanto embora tenham sido produzidas, todos cultivares apresentam bom nível de vigor, acima de 75% (Tabela 6), houve diferença significativa entre todos os cultivares sendo o IAS 12-9 (Formosa) o que apresentou os melhores resultados com 90% de vigor pelo teste de frio e o BRS Querência com o pior desempenho.

Os resultados do teste de frio são muito semelhantes aos observados no teste de germinação (Tabela 6), ou seja, em ambos os testes o cultivar IAS 12-9 (Formosa) apresenta os melhores resultados e o BRS Querência os piores.

A qualidade fisiológica das sementes produzidas em condições de estresse salino (Tabela 6) de maneira geral apresentou bons resultados, isso pode ser devido à aclimação das plantas a condição do estresse. Segundo Taiz e Zeiger (2004), se a tolerância aumenta como consequência de exposição anterior ao estresse, considera-se que a planta está aclimatada. Rodrigues *et al.* (2005) concluíram que plantas de arroz originadas de mudas formadas em condições de salinidade aclimatam-se ao estresse salino, sem efeito posterior sobre a produção de grãos.

No teste de germinação o cultivar IAS 12-9 (Formosa) apresentou tendência cúbica onde os valores mantiveram-se praticamente constantes até a concentração de 12mM e a partir da mesma apresentam redução acentuada, para os demais cultivares não foi possível ajustar-se um modelo matemático para esta variável, em função da variação nas concentrações de Cloreto de sódio (Figura 8).

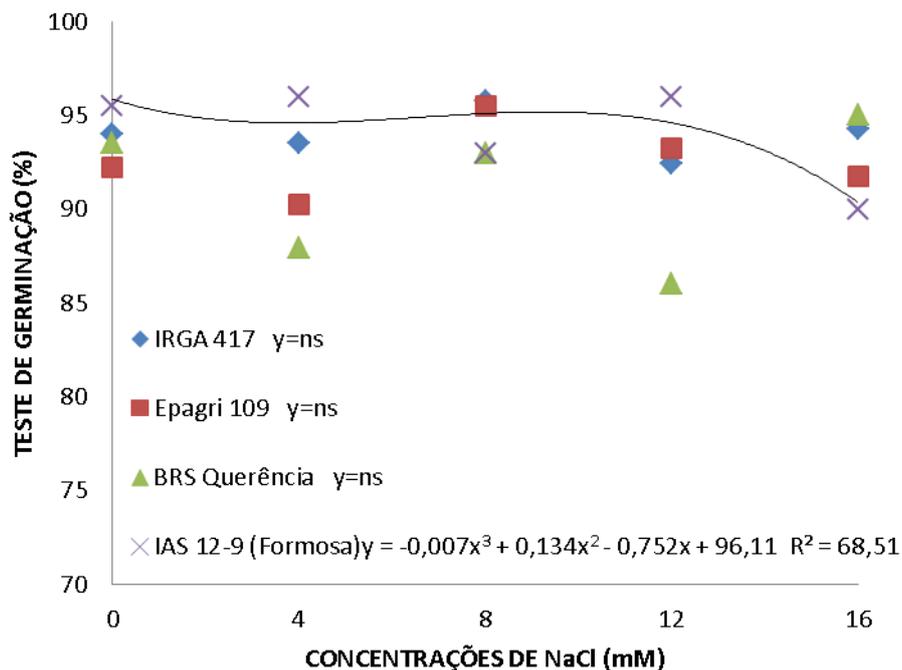


Figura 8. Teste de germinação, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.

Resultados semelhantes foram observados por Lemes *et al.* (2013). No entanto trabalhando com sementes de quiabo produzidas em condições de salinidade Souza *et al.*(2014), observaram que houve germinação superior nas sementes produzidas na testemunha, sem estresse, em relação aos demais estresses salinos, confirmando que o aumento da salinidade afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes.

No vigor avaliado pelo teste de primeira contagem de germinação (Figura 9), novamente apenas no cultivar IAS 12-9 (Formosa) observou-se o efeito das concentrações de sal. Lemes *et al* (2013) também constataram redução no vigor pelo teste de primeira contagem nas sementes produzidas em condições de estresse salino. Em sementes de milho oriundas de plantas submetidas a condições de salinidade Garcia *et al* (2007) constataram redução na qualidade fisiológica, avaliada pelo vigor através dos testes de índice de velocidade de germinação e índice de velocidade de emergência, das mesmas em relação ao controle.

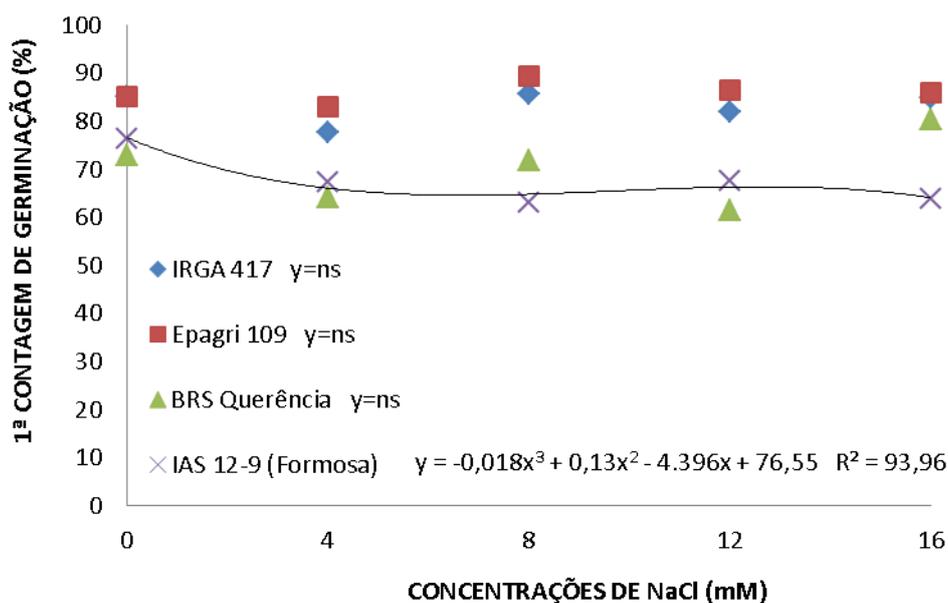


Figura 9. Teste de primeira contagem de germinação, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.

Para Larcher (2000) durante a fase embrionária, período entre a fertilização e a maturação da semente, alterações dos fatores ambientais favoráveis ao desenvolvimento da planta podem acarretar na diminuição do estoque de carboidratos, lipídios, proteínas e substâncias minerais nos tecidos embrionários e no endosperma das sementes. Consequentemente sementes com menos tecidos de reserva apresentam menor vigor.

No teste de frio somente IRGA 417 não se constatou o efeito das concentrações ajustadas a um dos modelos testados (Figura 10). As demais cultivares apresentaram tendência cúbica, no qual é possível observar que as concentrações pouco afetaram o vigor das sementes produzidas.

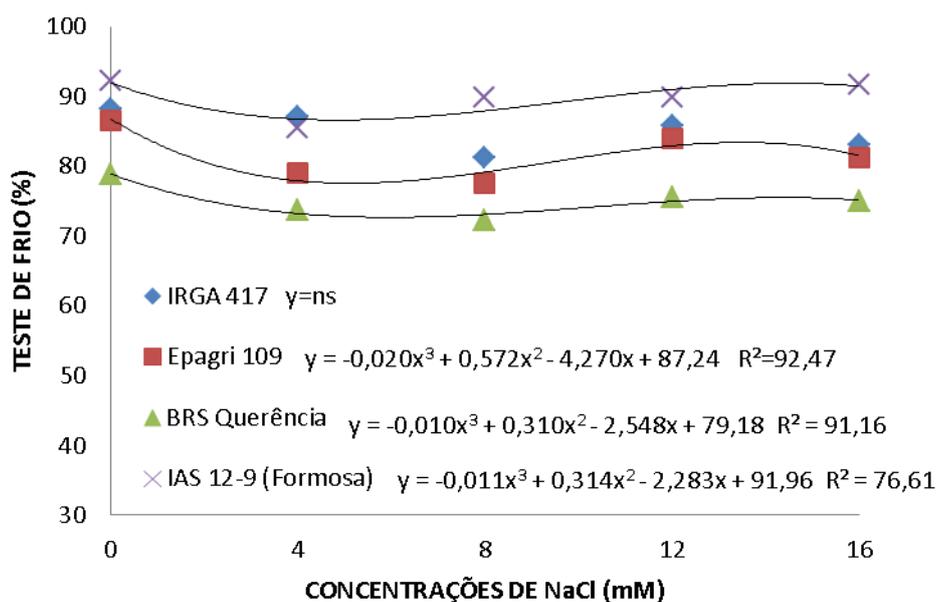


Figura 10. Teste de frio, dos cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) produzidas com uso de soluções salina na irrigação, nas concentrações de 0, 4, 8, 12 e 16 mM. Pelotas, RS – 2014.

Tais resultados discordam dos resultados observados em sementes de arroz (LEMES *et al.*, 2013); milho (GARCIA *et al.*, 2007) e quiabo (SOUZA *et al.*, 2014), no qual foram constatados menores valores de vigor nas sementes produzidas em condições de salinidade.

CONCLUSÕES

- Cultivares de arroz IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa) apresentam redução da produção de sementes sob condições de estresse salino;
- A qualidade fisiológica de sementes de arroz das cultivares IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), não são afetadas negativamente em concentrações salinas até 16 mM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Anuário 2013**. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AnuarioAbrasem2013.pdf> Acesso em 05/08/2014.

ALLAKHVERDIEV, S. L.; SAKAMOTO, A.; NISHIYAMA, Y.; INABA, M.; MURATA, N. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in **Synechococcus sp.** **Plant Physiology**, v.123, p.1047-1056, 2000.

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

CARMONA, F. C. de; ANGHINONI, I.; WEBER, E. J. Salinidade da água e do solo e seus efeitos sobre o arroz irrigado no rio grande do sul. **Boletim técnico nº 10** – IRGA. Cachoeirinha, 2011.

CARMONA, F. C. **SALINIDADE DA ÁGUA E DO SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL**. 2011.132 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

CICERO, S. M.; VIEIRA, R. D. Teste de frio. In: Vieira, R. D.; Carvalho, N. M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.151-164.

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, v.40, p.514-521, 2009

COSTA, E. G. C.; SANTOS, A. B.; ZIMMERMANN, F. J. P. Características agrônômicas da cultura principal e da soca de arroz irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 5, p.15-24. 2000.

DEUNER, C.; MAIA, M. de S.; DEUNER, S.; ALMEIDA, A. da S.; MENEGHELLO, G. E. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de sementes**, v.33, n.4, p.711-720, 2011.

ESTEVES, B. S. dos; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, p.662-679, 2008.

GARCIA, G. O de; FERREIRA, P. A.; MARTINS FILHO, S.; SANTOS, C. E. M. dos. Qualidade nutricional e fisiológica de sementes de milho oriundas de plantas submetidas ao estresse salino. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.3, 281-289. 2007.

GÓIS, V. A.; TORRES, S. B.; PEREIRA, R. A. Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga**, v.21, n.4, p.64-67, 2008.

HARTER, L. dos S. H.; HARTER, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n.1, p. 80-85, 2014.

KLAFKE, A. V.; LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Desempenho de sementes nuas e revestidas de azevém-anual em condições de estresse salino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1093-1099, 2012

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000, 531p.

LEMES, E. S.; DIAS, L. W.; OLIVEIRA, S. de; MENDONÇA, A. O de; MENEGHELLO, G. E.; BARROS, A. C. S. Produtividade, qualidade fisiológica e expressão isoenzimática de sementes de arroz submetidas à salinidade. In: **VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**, 2013, Porto Alegre, 2013. Disponível em <http://www.cbai2013.com.br/cdonline/docs/trab-8562-188.pdf> . Acesso em 30/01/2014.

LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.93-99, 2009.

LIMA, M. da G. de S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. de.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p.54-61, 2005

MAAS, E.V. Testing Crops for Salinity Tolerance. In: MARANVILLE, J.W. et al. (Ed.). Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stresses INTSORMI. 1993, Nebraska. **Proceedings...** Lincoln: University of Nebraska, 1993. p.234-247.

MACHADO, A. **Programa de Análise Estatística – winstat 2**, 2002. Disponível em: <http://www.ufpel.tche.br/~amachado/winstat/software>. Acesso em: 15/10/2010.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination- aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M. Cultivares de arroz e a salinidade da água de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24,. 2001. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 229-231.

MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; BARROS, A. D. Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 03, n. 03, p. 242-247, 2008.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; DIAS, C. T. S. Tolerância da cultura do pepino a salinidade em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n. 04, p. 406-410, 2009.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S. **Fertilidade do solo**. Piracicaba: Nobel, 1983. 400p.

MELO, P. C. S. de; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J. da.; OLIVEIRA, F. J. de; BASTOS, G. Q.; TABOSA, J. N.; SANTOS, V. F. Dos.; MELO, M. R. C. S. De Seleção de genótipos de arroz tolerantes à salinidade durante a fase vegetativa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.58-64, 2006.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole-plant response to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v.13, p.143-160, 1986.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.2, p.2-24.

OLIVEIRA, F. A. de; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, F. R. A. de; FREIRE, A. G.; SOARES, C. da S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.279-287, 2012.

PENNINGS, C. S.; CALLAWAY, R. M. Salt marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors. **Ecology**, 73, 681-690.1992.

RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NERY, A. R.; CORREIA, K. G. Produção de arroz em condições de salinidade a partir de mudas formadas com e sem estresse salino. **Revista Brasileira Engenharia de Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.95-100, 2005.

SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H.C. de P.; FERREIRA, C. M.(Ed). **ARROZ – 500 PERGUNTAS 500 RESPOSTAS. EMBRAPA**. 2ª edição. 2013.

SILVA, G. M., MAIA, M. S.; MORAES, C. O. C. Influência do peso da sementes sobre a germinação e o vigor de cevadilha vacariana (*Bromus auleticus* Trinius). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.1, p.123-126, 2007.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. SOARES, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.04, p.335-342, 2008.

SOUZA, P. S. DE L.; BENEDITO, C. P. GOMES, M. D. DE A.; TORRES, S. B. Qualidade física e fisiológica de sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) produzidas em diferentes lâminas de água salina. In: **II INOVAGRI International Meeting, 2014.** Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/II-INOVAGRI-2014/a033.pdf> . Acesso em 06/08/2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

TÔRRES, A. N. L.; PEREIRA, P. R. G.; TÔRRES, J. T.; GALLOTTI, G. J. M.; PILATI, J. A.; REBELO, J. A.; HENKELS, H. A. **Salinidade e suas implicações no cultivo de plantas**. Florianópolis: Epagri, 2004. 54p. (Epagri. Documentos, 215).

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S do; DIAS, N. da S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.371–376, 2011.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os fatores cultivar e concentrações de NaCl foram significativos isoladamente para os testes de germinação, primeira contagem de germinação, teste de frio e envelhecimento acelerado. No entanto a interação cultivar x concentração foi significativa para as variáveis primeira contagem de germinação, teste de frio e envelhecimento acelerado foi significativa a 1%.

Na avaliação da germinação todos os cultivares (IRGA 417, Avaxi CL, SCSBRS Tio Taka, Inov CL e IAS 12-9 (Formosa), na média das concentrações apresentaram qualidade fisiológica, com germinação entre de 91 a 86%.

Nas avaliações de vigor através do índice de velocidade de emergência, comprimento de partes de plântulas, primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado destaca-se a inferioridade do cultivar IAS 12-9 (Formosa) relativamente às demais cultivares.

O teste de emergência somente na concentração de 100 mM foi possível constatar diferenças entre as cultivares, na qual a cultivar IAS 12-9 (Formosa) mostrou-se mais sensível, apresentando o menor percentual de plântulas emergidas.

Independentemente do cultivar, ou seja, na média dos cultivares no teste de germinação para o efeito de concentração observa-se que praticamente não houve alteração na porcentagem de germinação até 75 mM e tendência de redução apreciável na porcentagem de germinação em concentrações maiores.

Na avaliação do vigor das sementes, em geral houve redução no percentual de sementes germinadas com o incremento nas concentrações de sal.

No teste de emergência em campo, apenas as cultivares SCSBRS Tio Taka e o IAS 12-9 (Formosa) apresentaram significância. Provavelmente não houve efeito significativo de concentração para as demais cultivares devido às condições utilizadas favorecerem à emergência em campo.

Na avaliação do índice de velocidade de emergência, observou-se que a presença de solução salina atrasou a emergência inicial de plântulas.

Na avaliação do comprimento de parte aérea, todos as cultivares avaliadas apresentaram redução linear no comprimento de parte aérea com o

aumento da salinidade. Já na avaliação do comprimento do sistema radicular constatou-se que as cultivares apresentaram tendências similares para o efeito de concentração.

Os dados obtidos na avaliação da fitomassa seca da parte aérea evidenciaram que todos os cultivares apresentam tendência de redução linear. Na área foliar, é notório o efeito prejudicial do estresse salino, pois a cada 10 mM de acréscimo nas concentrações de salinidade ocorre redução de 0,15 cm², aos 14 dias. O decréscimo na área foliar é prejudicial ao desenvolvimento das plântulas, pois quanto maior a área foliar, maior será a área fotossinteticamente ativa.

Nas concentrações 25, 37,5 e 50 mM, as plantas mantiveram-se vivas, porém não atingiram a fase reprodutiva e houve morte de todas as plantas submetidas as concentrações de 75 e 100 mM.

Nas variáveis peso total de sementes cheias e peso total de sementes chochas por planta, não se verificaram diferenças significativas entre as cultivares. Para a porcentagem de sementes cheias verifica-se a superioridade dos cultivares IRGA 417 e IAS 12-9 (Formosa) em relação aos demais cultivares. Ambos apresentaram valores superiores a 85% do peso total de panículas com sementes cheias. Provavelmente esses cultivares sejam mais tolerantes aos efeitos da salinidade.

Na variável peso total de panículas todos os cultivares testados o tratamento controle foi superior. O peso total de sementes demonstrou que nos cultivares avaliados, o estresse salino ocasionou menores resultados que aos obtidos no tratamento controle, em média os resultados obtidos foram superiores em 80%.

Para a porcentagem de sementes cheias não houve diferença estatística entre os cultivares, e todos apresentaram valores superiores a 95% quando produzidos sem estresse salino. Já em condições de salinidade embora não tenham diferido estatisticamente, observa-se em valores absolutos que os percentuais de sementes cheias variaram de 40 a 75%.

O cultivar IRGA 417 não apresentou diferença entre os tratamentos para peso de mil sementes, os demais cultivares verificou-se valores superiores nas sementes produzidas sem estresse salino.

As sementes produzidas em condições de estresse salino na concentração de 12,5 mM apresentaram menor qualidade fisiológica em relação ao tratamento controle (0 mM), para todos os cultivares.

Nos parâmetros teste de primeira contagem de germinação e teste de germinação no tratamento controle não houve diferenças entre as sementes produzidas pelos diferentes cultivares. Na concentração de 12,5 mM, o cultivar Avaxi CL apresentou a melhor qualidade fisiológica, diferindo-se dos demais cultivares, ao passo que a cultivar IAS 12-9 (Formosa) foi a que obteve a menor qualidade fisiológica. Os resultados obtidos evidencia a maior sensibilidade do cultivar IAS 12-9 (Formosa) em relação aos demais cultivares, quanto ao estresse salino.

Quando utilizadas quatro cultivares de arroz: IRGA 417, Epagri 109, BRS Querência e IAS 12-9 (Formosa), no teste de emergência em campo e índice de velocidade de emergência, observa-se que houve diferenças de comportamento entre os cultivares, onde mesmo em condições de estresse salino, o cultivar IRGA 417 demonstra superioridade em relação as demais.

Quando se utilizou concentrações de zero a 16 mM de NaCl, não constatou-se o efeito das concentrações de salinidade para as variáveis índice de velocidade de emergência e da porcentagem de emergência.

Quanto ao número de panículas, peso total de panículas, peso de sementes cheias, peso de sementes chochas, porcentagem de sementes cheias e chochas; e peso mil sementes ficou evidente o efeito do fator cultivar, uma vez que houve diferenças entre as mesmas.

O aumento da salinidade ocasionou redução no número de panículas por planta, no peso total das panículas, no peso de sementes cheias, na porcentagem de sementes cheias e no peso de mil sementes.

Sementes produzidas em condições de estresse salino até 16 mM constatou-se que não há redução na qualidade fisiológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Anuário 2013**. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AnuarioAbrasem2013.pdf> Acesso em 05/08/2014.

AKBAR, M.; KHUSH, G.S.; HILLERISLAMBERS, D. Genetics of salt tolerance in rice. In: AKBAR, M.; KHUSH, G.S.; HILLERISLAMBERS, D. **Rice Genetics**. Los Baños: International Rice Research Institute, p. 399-409, 1986.

ALLAKHVERDIEV, S. L.; SAKAMOTO, A.; NISHIYAMA, Y.; INABA, M.; MURATA, N. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in **Synechococcus sp.** **Plant Physiology**, v.123, p.1047-1056, 2000.

ALMEIDA, F. A de. C.; GONÇALVES, N. J. M.; GOUVEIA, J. P. G de; CAVALCANTES, L. F. Comportamento da germinação de sementes de arroz em meios salinos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.3, n.1, p.47-51, 2001.

AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação à água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p. 167-176. 2002.

ASCH, F.; DINGKUHN, M.; DÖRFFLING, K.; MIEZAN, K. Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. **Euphytica**, v.113, p.109-118, 2000.

ASCH, F.; WIMMER, M. A.; DAHAL, K. P.; DAS, U. S. Boron distribution shows sodium distribution in rice leaves to be independent of transpiration. In: Conference on International Agricultural Research For Development, Stuttgart, 2005. **Proceedings**...Stuttgart, 2005. p.11-13.

ASCH, F.; WOPEREIS, M.C.S. Responses of Field-grown irrigated Rice cultivars to varying levels of floodwater salinity in a semi-arid environment. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 70, p. 127-137. 2001.

ASHRAF, M.; ATHAR, H. R.; HARRIS, P. J. C.; KWON, T.R. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. **Advances in Agronomy**, v. 97, n. 7, p. 45-110, 2008.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO, 1985. 74p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7a. Edição, Viçosa: Editora UFV, 2005. 611p.

BHIVARE, V.N.; CHAVAN, P. D. Effect of salinity on translocation of assimilates in french bean. **Plant and Soil**, The Hague, v. 102, p. 295-297. 1987.

BOHRA, J.S.; DOERFFLING, K. Potassium nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) varieties under NaCl salinity. **Plant and Soil**, The Hague, v. 152, p. 299-303. 1993.

BRACCINI, A.L. *et al.* Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.1, p.10-6, 1996.

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

BRILHANTE, J. C. A.; SILVEIRA, J. A. G.; ROCHA, I. M. A.; MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A. Influência do tempo de aclimação na resposta do cajueiro à salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.2, p.173-179, 2007.

CAMPOS, I. S.; ASSUNÇÃO, M. V. Efeitos do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.6, p.837-843, 1990.

CARMONA, F. C. de; ANGHINONI, I.; WEBER, E. J. Salinidade da água e do solo e seus efeitos sobre o arroz irrigado no rio grande do sul. **Boletim técnico nº 10 – IRGA**. Cachoeirinha, 2011.

CARMONA, F. C. **SALINIDADE DA ÁGUA E DO SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL**. 2011.132 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

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

CASTELLO, J. P.; MÖLLER JR, O. O. Sobre as condições Oceanográficas no Rio Grande do Sul. **Atlântica**, Rio Grande. v.2, p.25-35, 1977.

CASTILLO, E.G.; TUONG, T.P.; ISMAIL, A.M.; INUBUSHI, K. Response to salinity in rice: comparative effects of osmotic and ionic stresses. **Plant Production Science**, v.10, p.159-170, 2007.

CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ, S. G. A. Efeito dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.2, p.281-289, 1995.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturaer**, v.86, n.1, p.247-260, 2000.

CHEESEMAN, J.M. Mechanism of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology*, v.87, p.547-550, 1988.

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

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB: **8º Levantamento de safras 2013/2014**. Acesso em 20 de maio de 2014. Online. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_08_10_11_00_bol_etim_graos_maio_2014.pdf

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a

em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.514-521, 2009.

COSTA, E. G. C.; SANTOS, A. B.; ZIMMERMANN, F. J. P. Características agronômicas da cultura principal e da soca de arroz irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 5, p.15-24. 2000.

CUI, H.; TAKEOKA, Y.; WADA, T. Effect of sodium chloride on the panicle and spikelet morphogenesis in rice. **Japanese Journal of Crop Science**, v.64, p.593-600, 1995.

DAMIANI, C. R.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F. ABREU, C. M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) induzidas por Reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.4, p.347-352, 2003.

DANTAS, J. P.; FERREIRA, M. M. M.; MARINHO, F. J. L. *et al.* Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, v.24, n.2, p.119-130, 2003.

DEUNER, C.; MAIA, M. de S.; DEUNER, S.; ALMEIDA, A. da S.; MENEGHELLO, G. E. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de sementes**, v.33, n.4, p.711-720, 2011.

DIAS, N. S. Manejo de fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido. Piracicaba, 2004. 110p. **Tese** (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2004

DUARTE, G. L.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. de.; SILVA, R. N. da. Physiological quality of wheat seeds submitted to saline stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n.1, p.122-126, 2006.

EHRLER, W. Some effects of salinity on rice. **Bot. Gazette**, v.122, p.102-104, 1960.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa - Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

EPAGRI / EMBRAPA - CPACT / IRGA, Arroz Irrigado: **Recomendações Técnicas para o Sul do Brasil**, 4ª ed. rev. e atual. Itajaí / SC, 1997. 80p.

ESTEVES, B. S. dos; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, p.662-679, 2008.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 1989. 425p.

FAGERIA, N.K. Tolerance of rice cultivars to salinity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.281-288, 1991.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos do estresse hídrico e salino na germinação de *Bauhinia forficata* Link. **Revista Ceres**, v.43, p.654-662, 1996.

FAO, 2000. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils, Disponível: em: <http://www.fao.org/ag/AGL/agl/spush/intro.htm>.

FERNANDES, E. H. L.; MARIÑO-TAPIA, I.; DYER, K. R.; MOLLER, O. O. The attenuation of tidal and subtidal oscillations in the Patos Lagon estuary. **Ocean Dynamics**, Amsterdam, v.54, p.348-359, 2004.

FERREIRA, L. G. R.; REBOUÇAS, M. A. A. Influência da hidratação/desidratação de sementes de algodão na superação dos efeitos da salinidade na germinação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.4, p.609-615, 1992.

FERREIRA, P. A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEVY, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.37-67.

FLOWERS, T. J.; TROKE, P. F.; YEO, A. R. The mechanism of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.28, p.89–121, 1977.

FLOWERS, T.J.; LÄUCHLI, A. Sodium versus potassium: Substitution and compartmentation. In **Inorganic Plant Nutrition**, Encyclopedia of Plant Physiology, New Series 15B, ed. A Läuchli and R.L. Bielecki, pp. 651-81. Berlin: Springer-Verlag, 1983.

FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeito de sais e da temperatura na germinação de sementes de olho-dedragão (*Anadenanthera pavonina* L. - FABACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.70-7, 1999.

FRAGA, T. I.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M.; GENRO JR, S. A.; SCHOENFELD, R.; ANGHINONI, I. Salinidade da água da Laguna dos Patos utilizada no arroz irrigado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 27., Pelotas 2007. **Anais...Pelotas**, 2007. P.405-407.

FRAGA, T.I.; CARMONA, F. C.; ANGHINONI, I.; GENRO JUNIOR, S.A.; MARCOLIN, E. Flooded rice yield as affected by levels of water salinity in different stages of its cycle. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.175-182, 2010.

FURTADO, R. F.; MANO, A. R. de O.; ALVES, C. R.; FREITAS, S. M. De; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agrônômica**, v.38, n.2, p.224-227, 2007.

GARCIA, G. O de; FERREIRA, P. A.; MARTINS FILHO, S.; SANTOS, C. E. M. dos. Qualidade nutricional e fisiológica de sementes de milho oriundas de plantas submetidas ao estresse salino. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.3, 281-289. 2007.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA et al. (Orgs.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFS/SBCS, 2000. p.123-145.

GHEYI, H. R.; BARRETO, A. N.; GARRI, A .C. R. C.; ALMEIDA, A. M. Seleção de cultivares de arroz irrigado para solos salinosódicos. (II Ensaios de campo). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 11-12, p. 1995-1999, nov./dez. 1987.

GÓIS, V. A.; TORRES, S. B.; PEREIRA, R. A. Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga**, v.21, n.4, p.64-67, 2008.

GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.4, n.3, p. 355-361. 2000.

GRATTAN, S. R.; ZENG, L.; SHONNON, M. C.; ROBERTS, S. R. Rice is more sensitive to salinity than previously thought. **California Agriculture**, Oakland, v.56, p.189-195, 2002.

GREENWAY, H.; MUNNS, R., Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* v.31, p 149-190. 1980.

HARTER, L. dos S. H.; HARTE, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n.1, p. 80-85, 2014.

HARTER, L. dos S. H.; HARTE, F. S.; MENEGHELO, G. E.; VILLELA, F. A. Physiological and biochemical performance of sunflower seeds subjected to different osmotic potentials. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**. Recife, v.9, n.1, p.1-6, 2014.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of plant physiologi and plant molecular biologi**, v.51, p.463-499. 2000.

HOLANDA, J. S. **Manejo de solo salino-sódico na região do Baixo Açu – RN**. 1996 85 f. Tese (Doutorado) – ESALQ-USP, São Paulo, 1996.

IYENGAR, E. R. R.; REDDY, M. P. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. Pp: 897–909. In: M. Pesserkali (ed.). **Handbook of photosynthesis**. Marshal Dekar, Baten Rose, USA. 952 p. 1996

JACOB JUNIOR; SCHUCH, L. O. B; ROSENTHAL, M. D. A.; HÖLBIG, L. S.; LEITZKE, L. N.; CHRIST, R. S. Resposta da germinação e vigor de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidos a diferentes concentrações de salinidade. In.: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.293-294 (EMBRAPA Arroz e Feijão, Documentos 134)

KHAN, M. H.; PANDA, S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.30, n.1, p.81-89, 2008.

KHATUN, S.; FLOWERS, T.J. The estimation of pollen viability in rice. **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.151-154, 1995.

KJERFVE, B. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLFE, DA (ed.). Estuarine variability. New York, Academic Press, 63-81, 1986.

KLAFKE, A. V.; LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Desempenho de sementes nuas e revestidas de azevém-anual em condições de estresse salino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1093-1099, 2012

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. Water relations of plants and soils. San Diego: Academic, 1995. 495p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000, 531p.

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. (Ed). **Agricultural salinity assessment and management**. Local (cidade): ASCE, 1990. P. 113-137. ASCE manuals and reports on engineering practice, v.71.

LEMES, E. S.; DIAS, L. W.; OLIVEIRA, S. de; MENDONÇA, A. O de; MENEGHELLO, G. E.; BARROS, A. C. S. Produtividade, qualidade fisiológica e expressão isoenzimática de sementes de arroz submetidas à salinidade. In: **VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**, 2013, Porto Alegre,

2013. Disponível em <http://www.cbai2013.com.br/cdonline/docs/trab-8562-188.pdf> . Acesso em 30/01/2014.

LIMA JUNIOR, J. A. de; SILVA, A. L. P. da. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11, 2010.

LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.93-99, 2009.

LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.54-61, 2005.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de sob influência do teor de substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes** v.30, p. 79-85. 2008.

MAAS, E. V.; POSS, J. A.; HOFFMAN, G. J. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. **Irrigation Science**, v.7, n.1, p.1-11, 1986.

MAAS, E.V. Testing Crops for Salinity Tolerance. In: MARANVILLE, J.W. et al. (Ed.). Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stresses INTSORMI. 1993, Nebraska. **Proceedings...** Lincoln: University of Nebraska, 1993. p.234-247.

MACÊDO, L. S. **Salinidade em áreas irrigadas**. In: EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Petrolina, PE.). Petrolina, 1988. p. 1-16 (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 50).

MACHADO NETO, N.; CUSTÓDIO, C. C.; COSTA, P. R.; DONÁ, F. L. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.1, p.142-148, 2006.

MACHADO, A. **Programa de Análise Estatística – winstat 2**, 2002. Disponível em: <http://www.ufpel.tche.br/~amachado/winstat/software> Acesso em: 15/10/2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination- aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARASSI, J. E.; COLLADO, M.; BENAVIDEZ, R.; ARTURI, M. J. Performance of selected Rice genotypes in alkaline, saline, and normal soils and their interaction with climate factores. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 14, n. 6, p. 10-11, 1989.

MARCHEZAN, E.; MARTIN, T. N.; SANTOS, F. M. dos; CAMARGO, E. R. Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em arroz. **Revista Ciência Rural**, v.35, n.5, 2005.

MARCOLIN, E.; ANGHINONI, I.; MACEDO, V. M.; GENRO JUNIOR, S. A.; VEZZANI, F. M. Salinidade da cultura do arroz no Rio Grande do Sul. *Revista Lavoura Arroz*. vol.53, p.27-38, 2005.

MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M. Cultivares de arroz e a salinidade da água de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24,. 2001. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 229-231.

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

MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; BARROS, A. D. Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 03, n. 03, p. 242-247, 2008.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; DIAS, C. T. S. Tolerância da cultura do pepino a salinidade em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n. 04, p. 406-410, 2009.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S. **Fertilidade do solo**. Piracicaba: Nobel, 1983. 400p.

MELO, P. C. S. de; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J. da.; OLIVEIRA, F. J. de; BASTOS, G. Q.; TABOSA, J. N.; SANTOS, V. F. Dos.; MELO, M. R. C. S. De Seleção de genótipos de arroz tolerantes à salinidade durante a fase vegetativa. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.36, n.1, p.58-64, 2006.

MELO, P. C. S. **Seleção de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado tolerantes à salinidade**. 1997. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1997.

MELO, P. C. S.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J.; UCHÔA, B. F.; TABOSA, J. N.; SANTOS, E. B. Avaliação preliminar de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado tolerantes à salinidade. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 11., 1995, Natal. **Resumos...** Natal: UFRN – Centro de Biociências, 1995. p. 53.

MENEZES, N. L.; SILVEIRA, T. L. D. Métodos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Scientia Agricola**, v.52, p. 350 – 359, 1995.

MENEZES-BENAVENTE L; TEIXEIRA FK; KAMEI CLA; MARGISPINHEIRO M. Salt stress induces altered expression of genes encoding antioxidant enzymes in seedlings of a Brazilian Indica rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Science**, v.166, p. 323-331, 2004.

MILLER, R.; DONAHUE, R.L. **Soils**: an introduction to soils and plant growth. New Jersey, EUA: Prentice Hall – Englewood Cliffs, 1990.

MOHAMMAD, M.; SHIBLI, R.; AJOUNI, M. et al. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.1, p.1667-1680,1998.

MONTEITH, J. L. Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass. *Journal of Agricultural Meteorology*. Tóquio, v. 68, p.213-220, 1994.

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

MORALES, M. A.; OLMOS, E.; TORRECILLAS, A.; ALARCON, J. J. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium* sp. grown in conditions of saline stress. **Flora, Jena**, v.196, n.5, p.345-352, 2001.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v.25, n.2, p.239-250, 2002

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole-plant response to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v.13, p.143-160, 1986.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.2, p.2-24.

NEUE, H. U.; QUIJANO, C.; SENADHIRA, D.; SETTER, T. Strategies for dealing with micronutrient disorders and salinity in lowland rice systems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.56, n. 1-2, p. 139-155, 1998.

NOGUEIRA, N. W.; LIMA, J. S. S. de; FREITAS, R. M. O. de; RIBEIRO, M. C. C.; LEAL, C. C. P.; PINTO, J. R. de S. Efeito da salinidade na emergência e crescimento inicial de plântulas de flamboyant. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n 3 p. 466 - 472, 2012.

OHTA, D; YASUOKA, S.; MATOH, T.; TAKAHASHI, E., Sodium stimulates growth of *Amaranthus tricolor* L. Plants through enhanced nitrate assimilation. **Plant Physiol.** v.89, p.1102-1105. 1989.

OLIVEIRA, F. A. de; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, F. R. A. de; FREIRE, A. G.; SOARES, C. da S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.279-287, 2012.

PENNINGS, C. S.; CALLAWAY, R. M.. Salt marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors. **Ecology**, 73, 681-690.1992.

PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES, A. M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004, p.75-96.

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

PORTA, J.; LOPEZ_ACEVEDO, M. La salinidad como condicionamiento del comportamiento de los cultivos. In: JORNADA SOBRE SALINIDAD EN LOS SUELOS: ASPECTOS DE SU INCIDÊNCIA EM REGADIOS DE HUESCA, 1987, Huesca. **Jornada sobre salinidad em los suelos: aspectos de su incidência em regadios de Huesca**: Sociedade Cooperativa Agropecuária Providencial Del Huesca, 1987, p. 51-74.

PRISCO, J. T. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no comportamento da plantas. In: REUNIÃO: SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS, 1978, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Ministério do Interior, p. 64-112. 1978.

QUEIROGA, R. C.; ANDRADE NETO, R. C.; NUNES, G. H. S.; MEDEIROS, J. F., ARAÚJO, W. B. M. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.3, p.315-319, 2006.

RICHARDS, L. A. La calidad Del agua para riego. In: RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y rehabilitación de suelo salinos y sódicos**. México: Editorial limusa, 1974.p.75-88

RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NERY, A. R.; CORREIA, K. G. Produção de arroz em condições de salinidade a partir de mudas formadas com e sem estresse salino. **Revista Brasileira Engenharia de Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.95-100, 2005.

SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H.C. de P.; FERREIRA, C. M.(Ed). **ARROZ – 500 PERGUNTAS 500 RESPOSTAS**. EMBRAPA. 2ª edição. 2013.

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

SCARDACI, S. C.; EKE, A. U.; HILL, J.E.; SHANNON, M. C. and RHOADES, J.D. 1996. **Water and soil salinity studies on California rice**. Rice Pub.

SCHWARZ, M.; GALE, J. Maintenance respiration and carbon balance of plants at low levels of sodium chloride salinity. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.32, p.933-941, 1981.

SHARP, R.E.; LeNOBLE, M. E. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. *Journal of Experimental Botany*, v.53, n.1, p.33-37, 2002.

SILVA, G. M., MAIA, M. S.; MORAES, C. O. C. Influência do peso da sementes sobre a germinação e o vigor de cevadilha vacariana (*Bromus auleticus* Trinius). *Revista Brasileira de Agrociência*, v.13, n.1, p.123-126, 2007.

SILVA, R. N. da; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. de; PEREIRA, A. L. de A.; DUARTE, G. L. Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 29, n 1, p.40-44, 2007.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. SOARES, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n.4, p.335-342, 2008.

SMITH, P. T.; COBB, B. G. Accelerated germination of pepper seed by priming with salt solutions and water. *HortScience*, v.26, n.4, p.417-419, 1991.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre, 2010. 180 p.

SOUSA, C. H. C. Análise da tolerância à salinidade em plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão. Fortaleza, 2007.73f. **Dissertação** (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2007.

SOUSA, R. A. de: Efeito da salinidade e da composição iônica da água de irrigação sobre o desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda cv.Pitijubá. Fortaleza, 2006. 87f. **Dissertação** (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

SOUZA, P. S. DE L.; BENEDITO, C. P. GOMES, M. D. DE A.; TORRES, S. B. Qualidade física e fisiológica de sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) produzidas em diferentes lâminas de água salina. In: **II INOVAGRI International Meeting**, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/II-INOVAGRI-2014/a033.pdf> . Acesso em 06/08/2014.

SUBBARAO, G. V.; ITO, O.; BERRY, W. L.; WHEELER, R. M. Sodium – A Functional Plant Nutrient. **Crit.Rev. in Plant Sci.** v.22, p.391-416, 2003.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, v.42, p.211-220, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 3ª edição, Editora ARTMED, 2004, 719.

TAKEMURA, T.; HANAGATA, N.; SUGIHARA, K. et al. Physiological and biochemical responses to salt stress in the mangrove, *Bruguiera gymnorrhiza*. **Aquatic Botany**, v.68, n.1, p.15-28, 2000.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p.503-527, 2003.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, v.85, n.1, p.391-396, 2000.

TOPPA, E. V. B.; BRAMBILLA, W. P. O melhoramento de plantas e a salinidade dos solos. **Revista Verde**, Mossoró/RN, v.6, n.1, p. 21 – 25, 2011.

TÔRRES, A. N. L.; PEREIRA, P. R. G.; TÔRRES, J. T.; GALLOTTI, G. J. M.; PILATI, J. A.; REBELO, J. A.; HENKELS, H. A. **Salinidade e suas implicações no cultivo de plantas**. Florianópolis: Epagri, 2004. 54p. (Epagri. Documentos, 215).

TORRES, S. B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 29, nº 3, p. 77-82, 2007.

TORRES, S. B.; VIEIRA, E. L.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da salinidade na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n.2, p.39-44, 2000.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S do; DIAS, N. da S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.371–376, 2011.

VEATCH, M. E.; SMITH, S. E.; VANDEMARK, G. Shoot biomass production among accessions of *Medicago truncatula* exposed to NaCl. *Crop Science*, v.44, n.3, p.1008-1013, 2004.

VERSLUES, P.E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S. et al. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v.45, n.1, p.523-539, 2006.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, v.8, p. 1-45, 1995.

WANG, Y.; NIL, N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.75, n.1, p.623-627, 2000.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Chloride in Soils an its Uptake and Movement within the Plant: A Review. **Ann. Of Bot.** v.88, p.967-988. 2001.

ZENG, L.; POSS, J. A.; WILSON, C.; DRAZ, A. S. E.; GREGORIO, G. B.; GRIEVE, C. M. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. **Euphytica**, Amsterdam, v.129, p.281-292, 2003.

ZENG, L.; SHANNON, M. C.; LESCH, S. M. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.48, p. 191-206, 2001.

Apêndice

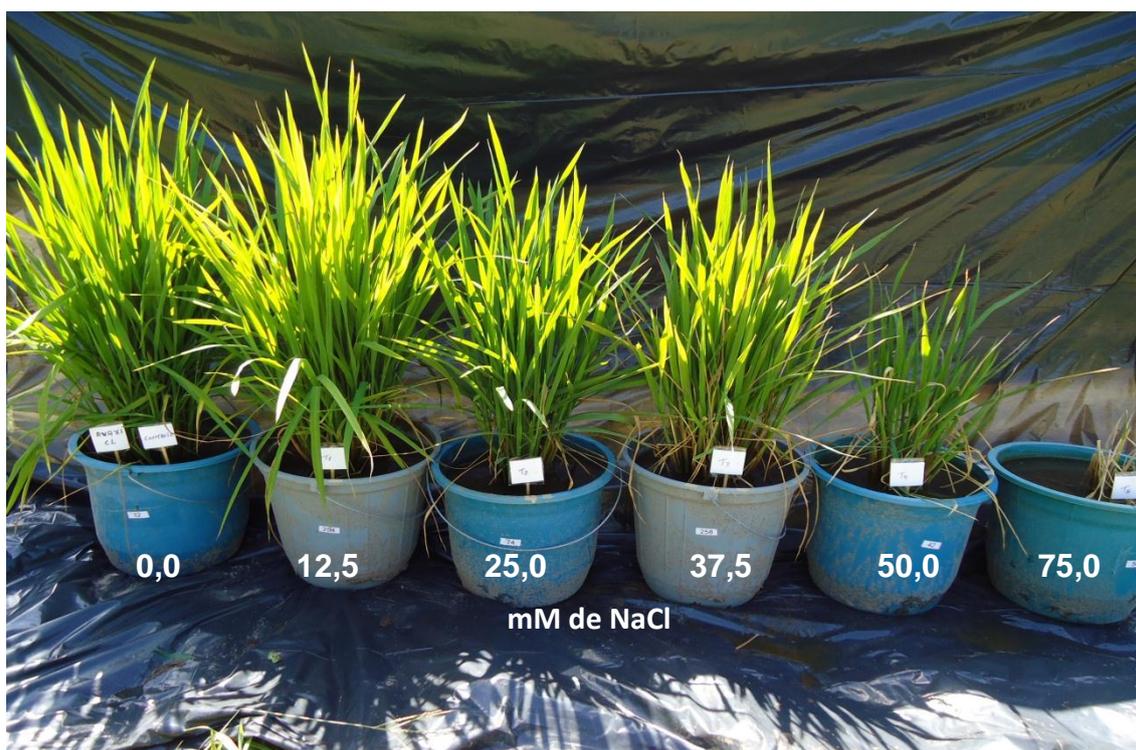
APÊNDICE A – Cultivares de arroz, IRGA 417 e Avaxi CL.

Figura 1: Plantas de arroz do cultivar IRGA 417 com 55 dias após a sementeira, irrigadas com solução salina nas concentrações: 0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0 e 75,0 mM de NaCl.



Figura 2: Plantas de arroz do cultivar Avaxi CL com 55 dias após a sementeira, irrigadas com solução salina nas doses: 0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0 e 75,0 mM de NaCl.

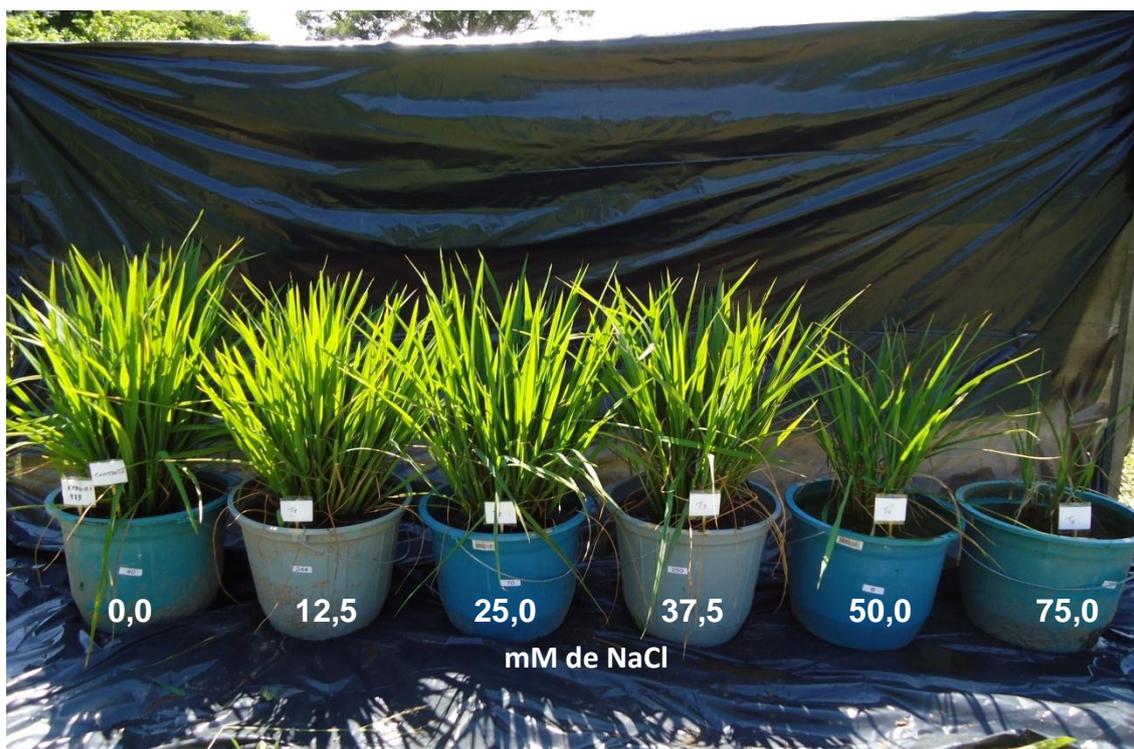
APÊNDICE B – Cultivares de arroz, SCSBRS Tio Taka e Inov CL.

Figura 3: Plantas de arroz do cultivar SCSBRS Tio Taka com 55 dias após a semeadura, irrigadas com solução salina nas concentrações: 0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0 e 75,0 mM de NaCl.

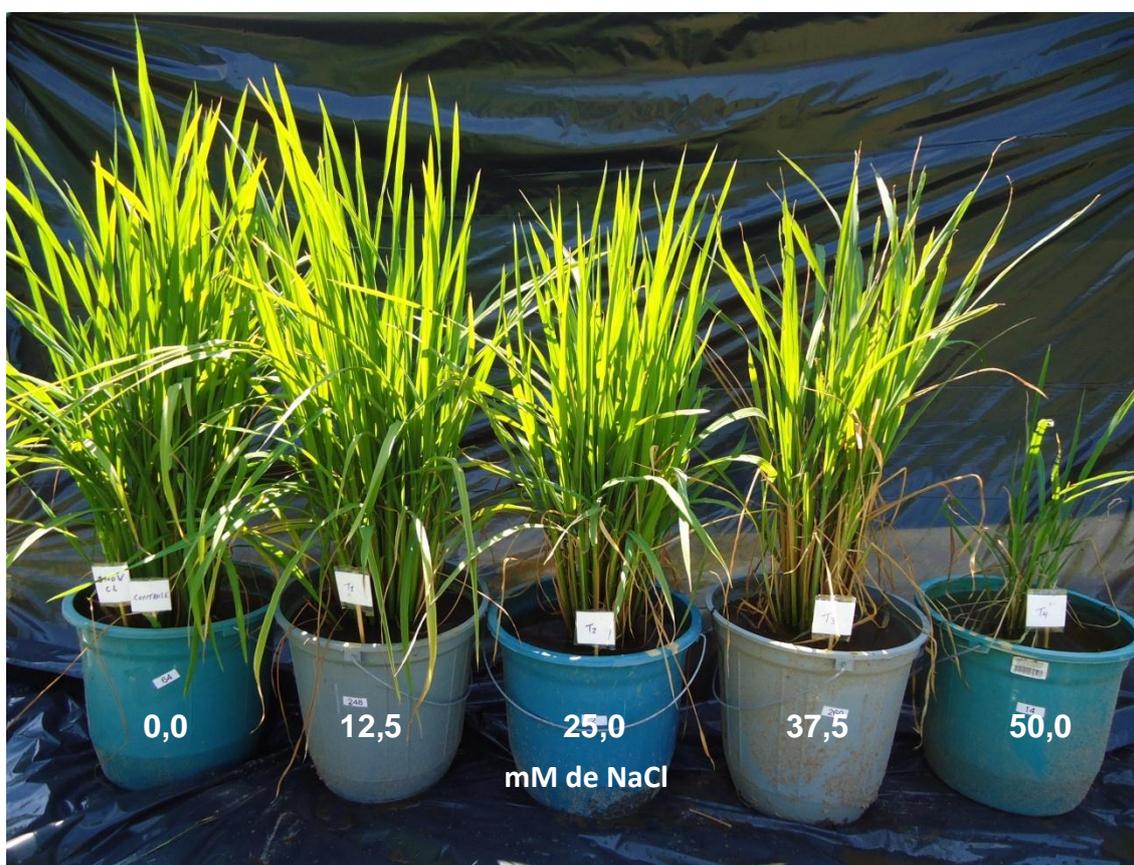


Figura 4: Plantas de arroz do cultivar Inov CL com 55 dias após a semeadura, irrigadas com solução salina nas concentrações: 0; 12,5; 25,0; 37,5 e 50,0 mM de NaCl.

APÊNDICE C – Cultivar de arroz, IAS 12-9 (Formosa).

Figura 5: Plantas de arroz do cultivar IAS 12-9 (Formosa) com 55 dias após a semeadura, irrigadas com solução salina nas concentrações: 0; 12,5; 25,0; 37,5; 50,0 e 75,0 mM de NaCl.

Anexos

Resultado de análise de solo usado como substrato para preenchimento nos baldes do experimento da fase II.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
 DEPARTAMENTO DE SOLOS
 LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLOS



Nome: **Renato Pereira** Solicitante: **Tábilo Harzli**
 Município: **Ferreas** Endereço:
 Localidade: Estrada: **127/2201** Emissão: **10/07/2011**

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade (cm)	Georref.
854	01				

Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC Catións	Saturação (%)	Índice SMP ²
	1,1			cmol/dm ³			A Base	
854	5,8	7,5	5,5	0,1	2	13,7	87	6,7

Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org.	% Argila	Textura	P Mehlich	P-nóxia	CTC pH7	K
	mv	mv		mg/dm ³		cmol/dm ³	mg/dm ³
854	2,1	20	4	>50,5	--	15,8	236

Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares

Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
					mg/dm ³			Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K ⁺ /Na ⁺
854	55,5	0,5	22,0	X	1700	10	74	1,4	12,5	9,7	0,166

Baixa

N

Renato Pereira

Eng^o Agr^o Renato Ferreira Peixoto

CREA n.º 92743 - 0^o Região

Responsável Técnico

