

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Área de Concentração: Solos



Dissertação

Tolerância à salinidade e capacidade de absorção de potássio de genótipos de arroz irrigado.

Fernanda San Martins Sanes

Pelotas, 2009

FERNANDA SAN MARTINS SANES

**TOLERÂNCIA À SALINIDADE E CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE
POTÁSSIO DE GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Solos).

Orientador: Prof. Dr^a. Rosa Maria Vargas Castilhos

Co-orientador: Dr^a Walkyria Bueno Scivittaro

Prof. Dr Ledemar Carlos Vahl

Pelotas, 2009

Banca examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Rosa Maria Vargas Castilhos (Orientadora)
Depto. Solos - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" – UFPel

Prof. Dr. Gustavo Krüger Gonçalves
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS / PUC-RS.

Prof. Dr. Rogério Oliveira de Sousa
Depto. Solos - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" – UFPel

Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl
Depto. Solos - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" – UFPel

Dr^ª. Walkyria Bueno Scivittaro.
Embrapa Clima Temperado

Dedico:

Aos meus pais e aos meus irmãos por todo apoio,
compreensão e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ieda e Cidriano, aos meus irmãos Bruna e Junior e ao meu cunhado Maycon, por todo amor, companheirismo, compreensão e imensos sacrifícios pelos quais passaram para me dar uma boa educação compreendendo sempre meus momentos de ausência. Amo vocês!!

À professora Rosa Maria Vargas Castilhos pela orientação, amizade e ensinamentos durante o decorrer do curso.

À pesquisadora Walkyria Bueno Scivitarro, da Embrapa Clima Temperado, pela co-orientação e confiança na realização deste trabalho.

Ao professor Ledemar Carlos Vahl pela co-orientação e ensinamentos durante o decorrer do curso.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Solos) pelos ensinamentos, dedicação e colaboração no desenvolvimento da dissertação.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro durante a realização do curso.

Aos funcionários, colegas e amigos de Departamento de Solos: Carla, Magali, Rosângela, Gláucia, Wilian, Fioravante, Adilson, Ricardo, Otávio e em especial à minhas amigas Juliana e Katiúscia, pelo auxílio nas horas difíceis, confiança, afeto e também pelos momentos de descontração dos quais compartilhamos.

À minha amiga e “irmã do coração”, Danieli de Godoy, pela ajuda, dedicação, e por estar presente nos momentos difíceis, sendo muitas vezes minha família quando eles não podiam estar comigo. Dany, muito Obrigada!

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação.

Resumo

SANES, Fernanda San Martins **Tolerância à salinidade e capacidade de absorção de potássio de genótipos de arroz irrigado**. 2009. 93 p. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - Brasil.

O arroz é um dos cereais mais cultivados e consumidos no Brasil. Na região litorânea do RS, o efeito adverso da salinidade pode causar diminuição no crescimento da planta e na absorção de nutrientes, sendo que a capacidade de absorção, principalmente de K, que é um dos principais nutrientes para a cultura do arroz irrigado, é o resultado da taxa de absorção por unidade de comprimento de raízes, bem como sua morfologia. Com o objetivo de identificar de genótipos de arroz com tolerância ao excesso de sais na água de irrigação e com diferentes taxas de absorção de K, foram realizados dois estudos, um na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em tanques de alvenaria, contendo camada superficial de um Planossolo háplico, e outro no Depto de Solos da FAEM/UFPel, em bancada de luz, com solução nutritiva. Em ambos os experimentos foram avaliados os genótipos: 'BRS Querência', 'BRS Atalanta', 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10754, CNA 10756, CNA 10757, BRA 1455, BRA 1024, BRA 1073, 'Avaxi'. O híbrido Inov foi avaliado somente no experimento de salinidade. No primeiro estudo, os tratamentos aplicados a partir do período da diferenciação da panícula até a maturação foram irrigação com: água natural; água com 0,25% de NaCl e água com 0,5% de NaCl, arranjados em delineamento experimental parcela subdivididas, com três repetições. Ao término do ciclo de cada genótipo, o grau de tolerância à salinidade da água de irrigação foi avaliado, por diagnose visual, avaliação da produtividade e teor de nutrientes de cada cultivar. Com base em avaliação visual de intensidade de sintomas de danos todos os genótipos são tolerantes ao nível médio de salinidade (0,25% de NaCl). No nível alto (0,50% de NaCl), os genótipos 'Avaxi', BRA 1024, 'BRS Atalanta', 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10756 e 'Inov' classificam-se como moderadamente tolerantes e BRA 1073 BRA 1455, 'BRS Querência', CNA 10754 e CNA 10757 como moderadamente suscetíveis. A esterilidade de espiguetas varia com o genótipo de arroz, destacando-se a cultivar BRS Bojuru, como a única com índice inferior a 50%. Sob o nível mais alto de sal na água de irrigação, a massa seca das plantas de arroz é reduzida, havendo variações, ainda, entre os genótipos. O teor de sódio nos colmos e folhas e nos grãos de arroz aumenta com a concentração de sal na água de irrigação, o contrário ocorrendo para a concentração de magnésio. Nas condições em que foi realizado o experimento, o aumento da salinidade na água de irrigação aumenta os teores de Na trocável, a porcentagem de saturação por sódio e a

condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, não influenciando a concentração dos demais cátions trocáveis. No estudo da diferença de capacidade de absorção de K, o delineamento experimental foi completamente casualizado, com três repetições. A quantidade de K acumulado pelos genótipos de arroz irrigado está diretamente relacionada com área e o comprimento radicular e desenvolvimento da parte aérea. Os parâmetros cinéticos de absorção de potássio, I_{max} , K_m e C_{min} , variaram entre os genótipos resultando em três grupos distintos quanto à taxa de absorção de potássio. O grupo de maior capacidade de absorção de potássio é formado pelos genótipos BRS Atalanta, BRS Querência, Avaxi, BRA 1073 e BRA 1455. O principal parâmetro cinético responsável pela maior capacidade de absorção de potássio pela cultivar BRS Atalanta é o I_{max} . O crescimento radicular, dos genótipos Avaxi, BRS Querência, BRA 1073 e BRA 1455, compensou a menor taxa de absorção.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L, Salinidade, Cinética de absorção, Potássio.

Abstract

SANES, Fernanda San Martins **Tolerance to the salinity and capacity of potassium uptake genotypes irrigated rice.** 2009. 93 p. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - Brasil.

The rice is the cultivated and consumed cereals more in Brazil. In the coastal region, the adverse effect of salinity can cause decrease in plant growth and nutrients uptake, being that the absorption capacity, mainly of K, that is one of the main nutrients for the culture of the rice irrigated, is the result of the tax of absorption for unit of length of roots, as well as its morphology. With the objective of this study was to evaluate rice genotypes with respect to salts tolerance in irrigation water and with different K uptake, two studies, being one experiment was developed in an experimental area of Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, in tanks of masonry, where a surface layer of an Albaqualf soil was deposited. The treatments applied from the time of differentiation panicle to physiological maturity: plant irrigation with drinking water, water with 0.25% NaCl and water with 0.5% NaCl, arranged in a completely randomized design, with three replications. There were evaluated twelve rice genotypes: BRS Querência, BRS Atalanta, BRS Bojuru, BRS Fronteira, CNA 10754, CNA 10756, CNA 10757, BRA 1455, BRA 1024, BRA 1073, Avaxi. The Inov hybrid was only evaluated in the salinity experiment. In the first study. To the ending of the cycle of each genotype, the degree tolerance to the salinity the irrigation water was evaluated, for diagnose visual, evaluation of the productivity and text nutrients of each to cultivate. On the basis visual evaluation intensity of symptoms of damages for excess salt applied in the water irrigation in the period of differentiation panicle physiological maturity, all the genotypes are tolerant to the average level of salinity (0.25% of NaCl). In the high level (0.50% of NaCl), the genotypes `Avaxi', BRA 1024, `BRS Atalanta', `BRS Bojuru', `BRS Fronteira', CNA 10756 and `Inov' moderately classify as tolerant and BRA 1073 BRA 1455, `BRS Querência', CNA 10754 and moderately susceptible CNA 10757 as. The sterility of spikelet varies with the rice genotype, being distinguished to cultivate it BRS Bojuru, as only with inferior index 50%. Under the level highest salt in the irrigation water, the dry mass of the rice plants is reduced, having variations, still, between the genotypes. The text of sodium in the stalk and leves and the grains of rice increases with the concentration of salt in the irrigation water, the opposite occurring for the magnesium concentration. The increase of the salinity in the irrigation water increases texts of in the exchangeable one, the percentage of saturation for sodium and the electrical

conductivity of the extract of saturation of the ground, not influencing the exchangeable concentration of excess cations. In the study of the difference of capacity of absorption of K, The experiment was set up in an entirely randomized experimental design, with three repetitions. The amount of potassium absorbed for the genotypes of irrigated rice directly is related with area and the root length and development of the aerial part. The kinetic parameters of potassium absorption, I_{max} , k_m and C_{min} , had varied between the genotypes resulting in three distinct groups how much to the tax of potassium accumulated. The group of bigger capacity of potassium uptake is formed by genotypes BRS Atalanta, BRS Querência, Avaxi, BRA 1073 and BRA 1455. The main responsible kinetic parameter for the biggest capacity of potassium uptake for cultivating BRS Atalanta is the I_{max} . The growth root, of genotypes 'Avaxi', 'BRS Querência', BRA 1073 and BRA 1455, compensated the lesser tax of absorption.

Key words: *Oryza sativa* L, Salinity, Potassium, Kinetic uptake

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
CAPÍTULO I.....	13
TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO	13
1 - INTRODUÇÃO	13
2 - MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3 - RESULTADO E DISCUSSÃO.....	20
4- CONCLUSÕES	36
CAPITULO 2.....	38
PARÂMETROS MORFOLÓGICOS DE RAÍZES E CINÉTICA DE ABSORÇÃO DE POTÁSSIO EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO.	38
1 – INTRODUÇÃO	38
2 - MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3 – RESULTADO E DISCUSSÃO	44
4 – CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
APÊNDICES	66

INTRODUÇÃO GERAL

O arroz é um dos cereais mais cultivados e consumidos em todos os continentes, destacando-se pela produção e área de cultivo (AZAMBUJA et al., 2004). Desempenha papel estratégico tanto no aspecto econômico quanto social, e é um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional. Sendo uma cultura extremamente versátil, que se adapta a diferentes condições de solo e clima, e devido ao potencial para a expansão da sua produtividade, é considerada a espécie com maior potencialidade para o combate a fome no mundo.

Na safra 2007/08, cultivaram-se 154×10^6 hectares com arroz no mundo, que produziram 425,29 milhões de toneladas, dos quais cerca 75% são oriundos do sistema irrigado, que apresenta maior potencial de produtividade. O Brasil está entre os principais produtores mundiais do cereal; com uma produção superior a 12 milhões de toneladas, atingiu a auto-suficiência no abastecimento nas últimas safras (SALTO, 2008). Mais de 60% da produção brasileira de arroz provêm das lavouras irrigadas por alagamento do solo do Rio Grande do Sul, que abrange 37% da área e detém produtividade média bastante elevada, de $7,15 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2009).

No entanto, na região litorânea do Estado, a qualidade da água de irrigação é um fator extremamente importante em decorrência da salinização da água proveniente de rios que são servidos por lagoas costeiras, como é o caso da Lagoa dos Patos, que manifesta-se quase anualmente nos períodos de estiagem onde a água do mar começa a entrar no leito dos rios, que antes tinham uma baixa concentração de sais, tornando-se um problema sério, pois é nesta época que as plantas estão mais sensíveis, o que coincide com o início da fase reprodutiva, a partir daí pode-se iniciar um processo de salinização destes solos. Este problema é mais grave em regiões costeiras que estão próximas do mar (EPAGRI, 1997).

Em determinados anos, a água que chega às lavouras apresenta teores de cloreto variando entre 0,2% e 0,5% (MACHADO et al., 1997; 1999), classificando-a como água com grau de restrição ao uso alto a severo, segundo o Comitê de Consultores da Universidade da Califórnia (PIZARRO, 1985), o que, na prática, se reflete em prejuízos severos à produtividade do arroz, conforme observações da pesquisa e de produtores locais.

Da mesma forma que a qualidade da água de irrigação outro fator de grande importância para a produtividade da cultura do arroz irrigado é a nutrição mineral,

mais especificamente a adubação com potássio (K), pois o fornecimento adequado de nutrientes contribui, de forma significativa, tanto no aumento da produtividade como no aumento do custo da produção. Nesta situação, a otimização de eficiência nutricional é fundamental para ampliar a produtividade e reduzir o custo de produção.

Vários mecanismos e processos na planta contribuem para a absorção de nutrientes e estão relacionados com características morfológicas (sistema radicular, alta relação raiz/parte aérea, etc.) e fisiológicas (habilidade de modificações do sistema radicular para superar baixos níveis de nutrientes, etc.) desejáveis (FAGERIA & BALIGAR, 1993). A quantidade de K absorvida pela cultura por unidade de raiz e a capacidade de cada genótipo em absorver este nutriente pode ser muito diferente entre eles. No entanto, poucos são os estudos a este respeito para os genótipos de arroz no Rio Grande do Sul.

Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo geral, avaliar em cultivares de arroz irrigado os efeitos da salinização da água de irrigação e a capacidade de absorção de potássio por genótipos de arroz. Os objetivos específicos destes estudos são: a) identificar genótipos de arroz tolerantes à salinização da água de irrigação, bem como avaliação de danos às plantas causados pela salinização da água; b) identificar diferenças entre cultivares de arroz recomendadas para o Rio Grande do Sul quanto à capacidade de absorção de potássio. Para atender os objetivos propostos nesta pesquisa, foram realizados dois estudos apresentados neste trabalho em forma de capítulos, onde o capítulo 1 refere-se à salinidade e o capítulo 2 à capacidade de absorção de potássio.

CAPÍTULO I

TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO

1- INTRODUÇÃO

No Estado do Rio Grande do Sul, as lavouras de arroz estão localizadas em seis regiões distintas quanto ao clima, solo e estrutura fundiária, quais sejam: Fronteira Oeste, Campanha, Depressão Central, Planície Costeira Interna, Planície Costeira Externa e Sul.

Especificamente na região litorânea do Estado, abrangendo as lavouras de arroz da Planície Costeira, são comuns situações de prejuízos, decorrentes da salinização da água dos mananciais. Isto ocorre no verão, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, coincidindo com a fase reprodutiva do arroz, quando ocorre menor precipitação pluviométrica, baixando o nível dos rios e lagoas que abastecem as lavouras e, em consequência, tais mananciais passam a receber direta ou indiretamente água salgada do oceano Atlântico, o que, na prática, se reflete em reduções severas na produtividade do arroz, conforme observações da pesquisa e de produtores locais (MACHADO et al., 1993; 1997; 1999).

A salinidade é um dos critérios determinantes da qualidade da água de irrigação, sendo estabelecida pela presença de concentrações excessivas de sais solúveis (GOMES et al., 2004), que afetam o crescimento das plantas. O efeito depressivo proporcionado pela salinidade aumenta com a concentração de sais

(FAGERIA, 1985), existindo, porém, um nível mínimo a partir do qual ocorre supressão no crescimento das plantas, o qual varia entre espécies. Para o arroz, por longo período, aceitou-se que a condutividade elétrica para esse limiar era próximo a 3 dS m^{-1} (MASS & Hoffman, 1977). Porém, estudos mais recentes sustentaram a revisão desse valor para cultivares modernas, que foi reduzido a $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ (GRATTAN et al., 2002).

O estresse salino em plantas de arroz pode ocorrer tanto pela presença de sais em excesso no solo, quanto por sua introdução ao sistema de cultivo, via água de irrigação. Em ambas as situações, a quantidade elevada de sais afeta o crescimento e produtividade da cultura (FAGERIA et al., 1981; GRATTAN et al., 2002), pelo aumento da pressão osmótica da solução do solo, pela acumulação de íons em excesso no tecido vegetal, que podem ser tóxicos ou causar deficiência de outros nutrientes, ou ainda, pela alteração da condição nutricional da planta, quanto à exigência e habilidade de absorção de nutrientes (FAGERIA, 1985; BERNSTEIN, 1961; MAAS & HOFFMAN, 1977). Os sintomas visuais típicos de danos causados pelo excesso de sal (NaCl) na água de irrigação caracterizam-se pelo retardo no crescimento, com as folhas superiores se descolorindo até o esbranquiçamento e posterior enrolamento, terminando por secarem. Normalmente, esses sintomas evoluem das folhas mais velhas para as mais novas e da ponta para a base. Outrossim, as folhas jovens não esbranquiçadas apresentam coloração verde-escura intensa (MACHADO et al., 1988).

Os sais solúveis que contribuem efetivamente para a salinidade consistem de proporções variadas dos cátions cálcio, magnésio e sódio e dos ânions cloreto, sulfato, bicarbonato e, algumas vezes, também carbonatos (ALLISON, 1964). Porém, em áreas salinizadas por influência marinha, os ânions predominantes são os cloretos (FAO-UNESCO, 1973). Machado et al. (1997; 1999) reportam que, em determinados anos, a água que chega às lavouras de arroz da Planície Costeira do Rio Grande do Sul apresenta teores de cloreto variando entre 0,2% e 0,5%, condição que a classifica como água com grau de restrição ao uso alto a severo, segundo o Comitê de Consultores da Universidade da Califórnia (PIZARRO, 1985).

A intensidade com que o estresse salino influencia o crescimento e a produtividade do arroz é determinada por fatores associado à própria planta, ao solo e água, às práticas de manejo e às condições ambientais, destacando-se a cultivar, estágio de desenvolvimento da planta, intensidade e duração do estresse salino,

fertilidade do solo, sistema de implantação da cultura, manejo da água de irrigação, temperatura e umidade (MAAS & HOFFMAN, 1977; PONNAMPERUMA, 1977; CRAMER et al., 1994 e RHOADS et al., 2000).

Levando-se em consideração a interação entre tais fatores, uma cultivar pode manifestar tolerância à salinidade, sobrevivendo e, às vezes, até crescendo, mesmo que em taxas menores, ou pode mostrar-se suscetível, apresentando redução severa no crescimento ou morte, dependendo da intensidade do estresse salino (CAMBRAIA, 2005; FAGERIA, 1991).

Para manter o crescimento e desenvolvimento normal sob estresse salino as plantas necessitam de mecanismos especiais, como ajuste osmótico; síntese de compostos; capacidade seletiva de absorção e/ou translocação de íons; compartimentação, entre outros (CHEESEMAN, 1988; LARCHER, 2000)

O ajustamento osmótico de plantas submetidas à salinidade é alcançado inicialmente pela redução no conteúdo de água dos tecidos, embora seja necessário ao seu crescimento um aumento na quantidade de solutos osmoticamente ativos (Miranda, 2000). Nas plantas em que a exclusão de sais é o principal mecanismo de tolerância à salinidade, pode haver elevação na síntese de açúcares, aminoácidos ou na taxa de absorção de K, Ca ou nitrato. Em plantas inclusoras, o ajustamento osmótico se dá pelo acúmulo de sais nos tecidos foliares, principalmente NaCl (Flowers, 1988 citado por Miranda, 2000), em espécies natrófilicas, o Na⁺ pode substituir o K⁺ na regulação osmótica e funções metabólicas sendo que, nas inclusoras, a capacidade vacuolar para acumular Na⁺ e Cl⁻ aumenta com o tamanho das células.

A suculência também é uma adaptação morfológica usualmente observada em tolerância a sal por espécies crescendo em substratos salinos (Jennings, 1976 citado por Marschner, 1995). Essa característica é considerada um importante mecanismo indicador sobre trocas no potencial de água da folha sob condições de moderado estresse hídrico.

A vacuolação ocorre significativamente próxima do ápice da raiz sob condições salinas. Como um mecanismo adaptativo, essa resposta pode regular a concentração interna de solutos e proteger o citoplasma de níveis tóxicos pelo armazenamento deles no vacúolo (Shannon et al., 1994). Como estes mecanismos atuam conjuntamente, torna-se praticamente impossível definir a importância relativa de cada um quando vários fatores estão envolvidos.

Os genótipos de arroz diferem amplamente quanto à tolerância à salinidade (PONNAMPERUMA, 1977; YOSHIDA, 1981; FAGERIA, 1985; MELO et al., 2006), embora o nível de tolerância não seja muito alto, particularmente nas cultivares mais modernas (GRATTAN et al., 2002). Este varia, ainda, com o estágio de desenvolvimento. De forma geral, as plantas são tolerantes durante a germinação e muito sensíveis na fase de plântula; após, o grau de tolerância aumenta progressivamente, até a diferenciação da panícula, voltando a decrescer na floração (YOSHIDA, 1981). Na fase de germinação, estudos nacionais mais recentes, com as cultivares IRGA 422 CI, IRGA 417 e BRS Querência, revelaram, porém, decréscimo importante na germinação em resposta ao incremento da salinidade (SIMIONI et al., 2007, ZENZEN, et al. 2007 e OLIVEIRA et al. 2007).

Em estudo realizado no Brasil Central com plantas de arroz no início da fase vegetativa, Fageria (1981) constatou entre 162 cultivares/linhagens testadas, que 11% foram tolerantes à salinidade; 11% moderadamente tolerantes e 17% moderadamente sensíveis, classificando as demais como sensíveis. Posteriormente, pesquisas realizadas por Machado e colaboradores na região Sul do País (MACHADO et al., 1987; 1988; 1989; 1991; 1993; 1995; 1997 e 1999) mostraram, entre várias centenas de genótipos de arroz avaliados, incluindo-se todas as cultivares utilizadas à época nas lavouras do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, que praticamente não existiam materiais tolerantes ao que consideravam nível crítico de salinidade no solo ($8-10 \text{ dS m}^{-1}$ a 25°C no extrato de saturação ou 1500 mg kg^{-1} de NaCl), sendo restrito o número de genótipos tolerante a nível médio de salinidade ($4-5 \text{ dS m}^{-1}$ a 25°C no extrato de saturação ou 720 mg kg^{-1} de NaCl). Tais estudos mostraram, ainda, menor suscetibilidade dos genótipos de arroz à salinidade no solo na fase compreendida entre o perfilhamento e a floração; após esta última até a maturação, o grau de tolerância dos genótipos diminui bastante, sendo expressa pelo aumento acentuado na esterilidade de espiguetas, com conseqüente redução na produtividade de grãos.

Com relação ao efeito específico da salinidade na água de irrigação para o arroz, resultados de uma série de trabalhos concluídos no final da década de 90 na região Sul do Brasil, demonstraram que a tolerância de ampla gama de cultivares/linhagens testadas não ultrapassou $2,5 \text{ g L}^{-1}$ de cloreto de sódio (MACHADO ET AL., 1993; 1997; 1999; MACHADO & TERRES, 1995; GOMES ET AL., 2004). Desde então, várias cultivares de arroz irrigado foram lançadas e muitas

linhagens incorporadas aos programas de melhoramento genético de instituições públicas e privadas que atende a região, desconhecendo sua reação à salinidade da água de irrigação, problema local recorrente e cuja magnitude tem atingido proporções alarmantes nos últimos anos na região Litorânea, devido à elevada frequência de estiagens severas no verão.

Pelo exposto e considerando-se que a identificação de genótipos tolerantes à salinidade constitui-se no método mais simples e menos oneroso para solucionar o problema, conduziu-se o presente trabalho, que teve por objetivo a avaliação da tolerância de 12 cultivares/linhagens de arroz irrigado à tolerância à salinidade da água de irrigação na fase reprodutiva.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de ambiente natural, em área experimental da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão, RS, no período de dezembro de 2007 a abril de 2008. Utilizaram-se tanques de alvenaria medindo 2,10m de comprimento por 1,35m de largura e 40cm de profundidade (Fig.1a), preenchidos com 25cm de terra da camada arável (0 a 20cm) de um Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2006), com as seguintes características químicas: $\text{pH}_{(\text{água})}$: 4,6; 22 g dm^{-3} de M.O.; 5,3 mg dm^{-3} de P; 54 mg dm^{-3} de K; 1,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Al; 1,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Ca; 0,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Mg, CTC de 8,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e saturação por bases de 52%. Os teores de matéria orgânica, fósforo e potássio são interpretados, respectivamente, como baixo, médio e médio, conforme CQFS-RS/SC (2004).

Antecedendo à implantação do experimento, no dia 15 de janeiro de 2008, procedeu-se a calagem para a correção da acidez do solo para pH 5,5 (SOSBAI, 2007) e a adubação em pré-semeadura do arroz, com a aplicação de fósforo (superfosfato triplo) e potássio (cloreto de potássio), em doses correspondentes a 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O .

Em cada tanque foram demarcadas 12 linhas de 1,35m de comprimento, espaçadas entre si em 17,5cm, nas quais foram semeados genótipos de arroz irrigado. O desbaste foi realizado no dia 29 de janeiro de 2008, visando estabelecer um espaçamento entre plantas de cerca de 5 cm (Fig. 1b).



Figura 1- Detalhe dos tanques (a) e dos genótipos em V4 (b).

Utilizaram-se 12 genótipos, sendo seis cultivares e seis linhagens provenientes do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado da Embrapa, com diferente duração de ciclos (muito precoce, precoce e médio) (Tabela 1).

Tabela 1. Relação dos genótipos de arroz irrigado utilizados e duração médias de seus ciclos.

Genótipo de arroz irrigado	Classificação ¹	Duração do ciclo, dias
'Avaxi'	Precoce	119
BRA 1024	Médio	123
BRA1073	Precoce	118
BRA 1455	Médio	123
'BRS Atalanta'	Muito Precoce	99
'BRS Bojuru'	Médio	135
'BRS Fronteira'	Médio	124
'BRS Querência'	Precoce	109
CNA 10754	Médio	124
CNA 10756	Médio	125
CNA 10757	Médio	122
'Inov'	Precoce	117

¹(SOSBAI, 2007).

No início do perfilhamento das plantas de arroz (estádio de quatro folhas – V4 - segundo Couce et.al, 2000), realizou-se a primeira cobertura nitrogenada em dose correspondente a 60 kg ha⁻¹ de N como uréia. Imediatamente após, no dia 30 de janeiro de 2009, iniciou-se a irrigação do arroz por inundação contínua, com água natural (água potável, da rede de abastecimento da Estação Experimental Terras

Baixas da Embrapa Clima Temperado), mantendo-se uma lâmina de água de cerca de 10 cm de altura. Uma segunda cobertura nitrogenada, utilizando a mesma fonte e quantidade de N, foi realizada, no dia 04 de fevereiro de 2009, por ocasião do início da fase reprodutiva (diferenciação da panícula – estágio R1) sobre a lâmina de água. A partir deste estágio até a maturação (19 de fevereiro de 2008), aplicaram-se três tratamentos de salinidade na água de irrigação: água natural; solução 0,25% de cloreto de sódio (NaCl) e solução 0,50% de NaCl. Para atingir os níveis de sal nos tratamentos a água natural foi tratada com cloreto de sódio comercial.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente ao acaso em parcelas subdivididas com três repetições, sendo as concentrações de sal na água de irrigação dispostas nas parcelas e os genótipos de arroz, nas subparcelas. As unidades experimentais (subparcelas) foram constituídas por uma linha de arroz, totalizando 26 plantas.

Semanalmente, duas semanas após a aplicação dos tratamentos, determinou-se o grau de tolerância dos genótipos de arroz à salinidade, através da avaliação visual, considerando-se o percentual de folhas descoloridas e/ou mortas, conforme escala visual proposta por PONNAMPERUMA (1977), e a condutividade elétrica da água de irrigação (TEDESCO et al., 1995) (Fig. 2).

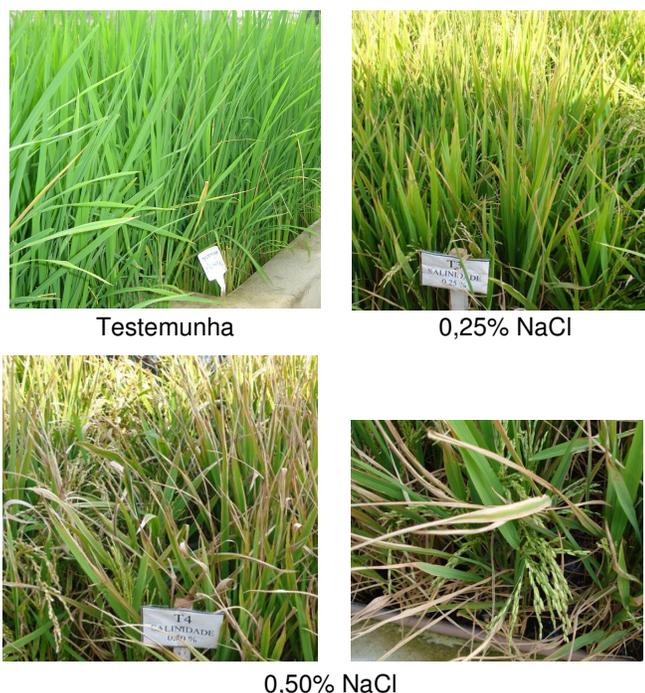


Figura 2 – Sintomas visuais de toxidez por sal sob diferentes níveis de salinidade.

Na maturação, onde a colheita dos genótipos variou do dia 07 à 26 de maio de 2008, avaliou-se o número de colmos e de panículas, a produção de massa seca dos colmos e folhas, dos grãos e da parte aérea, a esterilidade de espiguetas e os teores de sódio (Na) e de potássio (K) nos colmos e folhas e nos grãos de arroz. Adicionalmente, determinaram-se as concentrações de fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos colmos e folhas. Para a análise química de tecido vegetal, seguiram-se métodos descritos em Tedesco et al. (1995) modificados (na digestão, suprimiu-se o uso de mistura digestora pelo fato desta conter sódio). Os dados de produção de massa seca dos grãos foram correlacionados com os índices de esterilidade de espiguetas. Após o cultivo do arroz, procedeu-se à amostragem do solo dos tanques para a determinação do $pH_{(água)}$, $pH_{(SMP)}$, condutividade elétrica (CE), $CTC_{(pH\ 7,0)}$, porcentagem de saturação por sódio no complexo de troca (PST), teores dos cátions trocáveis (Na, K, Ca e Mg) e acidez total (H + Al) (TEDESCO et al., 1985). Nesta ocasião e em duas outras épocas anteriores (uma semana e três semanas após a aplicação dos tratamentos de sal) avaliaram-se, ainda, a condutividade elétrica da água constituinte da lâmina de irrigação do arroz.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias de tratamentos, pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

3 - RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados de condutividade elétrica da água constituinte da lâmina de irrigação das parcelas experimentais cultivadas com arroz irrigado, em três épocas durante a fase reprodutiva da cultura. Nota-se, para o tratamento com utilização de menor concentração de sal (0,25% NaCl), estabilidade nos valores de condutividade elétrica ao longo de todo o período de avaliação. Por sua vez, no tratamento com utilização de solução 0,50% de NaCl, os valores decresceram acentuadamente ao longo do período de avaliação, provavelmente em decorrência da diluição proporcionada pelas chuvas ocorrentes durante o período de avaliação. No caso do tratamento com utilização da menor concentração de sal, isso não se verificou devido à maior frequência de reposição de água às parcelas, em razão do maior crescimento e, portanto, maior demanda evapotranspiratória das plantas de arroz.

Tabela 1. Condutividade elétrica da água constituinte da lâmina de irrigação de parcelas cultivadas com arroz, em três épocas de avaliação¹.

Tratamento	Época 1	Época 2	Época 3
	----- dS m ⁻¹ -----		
Água de irrigação ²	0,30	0,28	0,37
Solução 0,25% NaCl	5,82	5,62	5,47
Solução 0,50% NaCl	11,41	9,55	6,64

¹Épocas de avaliação 1, 2 e 3: correspondentes, respectivamente, a uma, três e oito semanas após o início da aplicação dos tratamentos com sal no início da fase reprodutiva. ²Água utilizada na irrigação do arroz (tratamento testemunha) e no preparo das soluções salinas dos demais tratamentos.

Ambos os tratamentos de salinidade proporcionaram valores de condutividade elétrica considerados restritivos ao crescimento e produtividade do arroz. Grattan et al. (2002) propuseram como limite inferior para a ocorrência de danos por salinidade em cultivares modernas de arroz irrigado no Vale de Sacramento, no estado da Califórnia (EUA), o valor de 1,9 dS m⁻¹ na água de irrigação, o qual é bem mais limitante que a referência internacional vigente até então para a cultura, de 3,0 dS m⁻¹ (MASS & HOFFMAN, 1977). Muito embora ambos os níveis de salinidade testados neste estudo tenham proporcionado condutividades elétricas restritivas à expressão do potencial produtivo do arroz (Tab. 1), segundo os padrões internacionais para a cultura (MASS & HOFFMAN, 1977; GRATTAN et al., 2002), todos os genótipos testados mostraram-se tolerantes à salinidade quando submetidos ao nível médio de salinidade (0,25% NaCl), durante todo o período de avaliação. Porém, sob o mais alto nível de salinidade (0,50% NaCl), os genótipos classificaram-se em medianamente tolerantes e medianamente suscetíveis (Tab. 2). A Figura 3 apresenta imagens ilustrativas de níveis da escala visual de sintomas por toxidez de sal em plantas de arroz irrigado. Ressalta-se que, no tratamento testemunha, pelo fato de não ter sido adicionado NaCl na água de irrigação, as plantas não apresentaram sintomas de danos causados por sal.

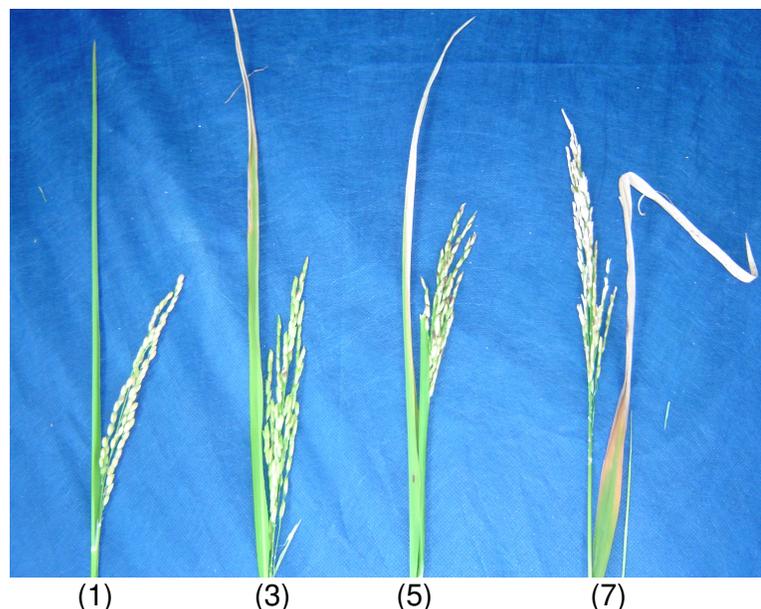


Figura 3 - Níveis da escala visual de sintomas por toxidez de sal em plantas de arroz irrigado

Tabela 2. Intensidade de sintomas de danos por salinidade em genótipos de arroz irrigado, de acordo com escala PONNANPERUMA (1977)¹, em três épocas de avaliação².

Genótipo	Solução 0,25% NaCl			Solução 0,50% NaCl		
	Época ² 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
Avaxi	3	3	3	3	5	5
BRA 1024	3	3	3	1	5	5
BRA 1073	1	1	3	3	5	7
BRA 1455	3	3	3	3	5	7
BRS Atalanta	1	3	3	3	5	5
BRS Bojuru	1	1	1	1	5	5
BRS Fronteira	1	3	3	3	5	5
BRS Querência	1	3	3	3	5	7
CNA 10754	1	1	3	3	5	7
CNA 10756	1	1	1	1	3	5
CNA 10757	3	3	3	5	5	7
Inov	3	3	3	3	5	5

¹Escala de avaliação de tolerância de plantas à salinidade: nota 1- ausência de sintomas de danos por salinidade (planta tolerante à salinidade - "T"); nota 3- 1% a 5% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta tolerante à salinidade - "T"); nota 5- 5% a 25% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta moderadamente tolerante à salinidade - "MT"); nota 7- 25% a 50% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta moderadamente suscetível - "MS"); e nota 9- >50% das folhas com sintomas de danos por salinidade (planta suscetível à salinidade - "S").

²Épocas de avaliação 1, 2 e 3: correspondentes, respectivamente, a uma, três e oito semanas após o início da aplicação dos tratamentos com sal no início da fase reprodutiva.

Sob o menor nível de salinidade, alguns genótipos apresentaram sintomas visuais brandos de toxidez por sal (nota 3), a partir da primeira semana após a aplicação dos tratamentos, os quais assim se mantiveram até a maturação de grãos; outros genótipos mostraram sintomas mais tardiamente, a partir da terceira semana após a aplicação do tratamento com sal ou, ainda, apenas ao final do período de avaliação, coincidindo com a maturação. A cultivar BRS Bojuru e a linhagem CNA 10756, por sua vez, não manifestaram sintomas visuais de toxidez por sal sob esse nível de salinidade. A primeira é considerada material de referência com relação à tolerância à salinidade do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado da Embrapa, porém o resultado obtido para a linhagem CNA 10756 é bastante favorável e promissor, visto que esta ainda não havia sido avaliada para este fator. A tolerância à salinidade desses dois genótipos não se confirmou no nível mais elevado de sal (0,5%), o que, segundo Fageria (1991), é um comportamento possível, visto que genótipos tolerantes sob níveis menores de sal podem não o ser, sob os níveis maiores, razão pela qual se recomenda que as avaliações para salinidade contemplem pelo menos três níveis de sal (baixo, médio e alto). Machado et al. (1997; 1999) já haviam reportado que a tolerância de materiais testados de arroz irrigado normalmente se restringe ao nível médio de salinidade (0,25% de NaCl), não se manifestando em concentrações mais elevadas de sal.

Com relação aos resultados obtidos, há que se ressaltar, ainda, que o critério agrônomo mais efetivo para a avaliação de tolerância à salinidade de cultivares de arroz é a produtividade de grãos (MASS & HOFFMAN, 1977), visto que cultivares de arroz visualmente pouco afetadas pela salinidade e com bom desenvolvimento vegetativo podem ter sua produtividade bastante reduzida em presença de sal (PEARSON, 1959).

A interação entre os fatores nível de salinidade na água de irrigação e genótipo foi significativa para as variáveis número de colmos e de panículas de arroz. Dos genótipos avaliados, apenas BRA 1455, BRS Atalanta, BRS Bojuru, CNA 10756 e Inov apresentaram variações no perfilhamento em resposta à variação na concentração de sal na água de irrigação, sendo que, em geral, os tratamentos com adição de sal (0,25% e 0,50% de NaCl) apresentaram menor número de colmos relativamente à testemunha sem sal (Tab. 3). Pressupõe-se que outros fatores, particularmente associados à interação genótipo x ambiente, tenham contribuído para tais resultados, visto que o estágio de perfilhamento inicia-se a partir da

emissão do colar da quarta folha do colmo principal, tendo duração de três a quatro semanas (SOSBAI, 2007). Assim, de forma geral, a aplicação dos tratamentos de sal ocorreu posteriormente ao encerramento dessa fase, com pouca influência sobre o perfilhamento das plantas de arroz. Resultados obtidos por Zeng et al. (2001) reforçam esta inferência. Estes autores verificaram que a redução no perfilhamento no arroz somente ocorre quando o estresse salino ocorre anteriormente à iniciação da panícula.

Tabela 3. Número de colmos de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV=11,4%).

Genótipo	Testemunha	0,25 % NaCl	0,50 % NaCl
	----- Nº subparcela ⁻¹ -----		
Avaxi	154 Ac	178 Aab	169 Aa
BRA 1024	136 Acd	133 Acdef	118 Acde
BRA 1073	120 Ade	124 Adef	104 Ade
BRA 1455	198 Aa	106 Bfg	128 Bbcd
BRS Atalanta	119 Ade	114 ABefg	92 Be
BRS Bojuru	158 Bbc	191 Aa	141 Bbc
BRS Fronteira	120 Ade	138 Acde	130 Abcd
BRS Querência	110 Ade	96 Ag	93 Ae
CNA 10754	134 Acde	156 Abc	132 Abcd
CNA 10756	152 Ac	144 Acd	119 Bcde
CNA 10757	106 Ae	113 Aefg	110 Ade
Inov	181 Aab	190 Aa	152 Bab

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Alguns genótipos destacaram-se em relação aos demais quanto ao perfilhamento. A cultivar BRS Bojuru e os híbridos 'Avaxi' e 'Inov' apresentaram elevado número de colmos e as cultivares BRS Atalanta e BRS Querência, menor número de colmos, nos tratamentos com aplicação de sal (Tab. 3). A capacidade de perfilhamento é um atributo variável entre genótipos de arroz, sendo influenciada, ainda, pelas condições edafoclimáticas e algumas práticas de manejo da cultura, como a densidade de semeadura e a altura da lâmina de água. Cultivares híbridas como Avaxi e Inov destacam-se pela elevada capacidade de perfilhamento, justificando os resultados obtidos (SOSBAI, 2007). Por outro lado, essa é também

uma característica da 'BRS Atalanta' e 'BRS Querência', cuja expressão deve ter sido suprimida por outros fatores adversos não identificados (EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2002).

O efeito da salinidade na água de irrigação no número de panículas foi verificado, apenas, para as cultivares BRS Atalanta, BRS Bojuru e BRS Fronteira, não apresentando, porém, uma tendência definida (Tab. 4). Os resultados obtidos devem refletir, preponderantemente, a variabilidade observada no número de colmos (Tab. 3), uma vez que os parâmetros de crescimento do arroz sofrem reduções em resposta ao aumento da concentração de sal no meio de cultivo (FAGERIA et al., 1981; FAGERIA, 1991; GRATTAN et al., 2002).

Tabela 4. Número de panículas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV=13,4 %).

Genótipo	Testemunha	Nº subparcela ⁻¹	
		0,25 % NaCl	0,50 % NaCl
Avaxi	132 Aab	140 Ab	154 Aa
BRA 1024	122 Abc	105 Acde	110 Acd
BRA 1073	86 Ade	94 Ade	95 Ad
BRA 1455	103 Acd	87 Ade	108 Acd
BRS Atalanta	97 ABcde	111 Acd	84 Bd
BRS Bojuru	152 ABa	174 Aa	137 Bab
BRS Fronteira	80 Bde	112 Acd	107 Acd
BRS Querência	91 Ade	79 Ae	87 Ad
CNA 10754	104 Acd	110 Acd	128 Abc
CNA 10756	102 Acde	99 Acde	98 Ad
CNA 10757	75 Ae	92 Ade	99 Ad
Inov	130 Aab	125 Abc	128 Abc

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Mass & Nieman (1978) atribuem a redução no crescimento decorrente da salinidade à diminuição da quantidade de fotossintatos, água e outros fatores de crescimento que alcançam as regiões de crescimento das plantas. Mas, para Bernstein (1961), a limitação do crescimento decorrente da salinidade se deve ao aumento da pressão osmótica da solução do solo, bem como à acumulação de alguns íons no tecido vegetal em concentrações tóxicas, os quais podem exercer

efeitos negativos diretos (toxidez) ou indiretos (indução de deficiência de outros nutrientes).

A esterilidade de espiguetas de arroz variou, apenas, com o genótipo de arroz (Tab. 5), muito embora esta seja uma variável bastante sensível ao excesso de sal (FAGERIA, 1984; MACHADO et al., 1989; MACHADO & TERRES, 1995). Neste caso, a ausência de efeito da salinidade pode ser atribuída ao efeito preponderante de outros fatores adversos à cultura, em especial a ocorrência de frio na fase reprodutiva e de baixa radiação solar devido à semeadura tardia (STEINMETZ, 2004).

Tabela 5. Produção de massa seca dos colmos e folhas, da parte aérea e esterilidade de genótipos de arroz irrigado. Médias de três repetições.

Genótipo	Esterilidade ¹	Colmos e folhas	Parte aérea
	%	-----g subparcela ⁻¹ -----	
Avaxi	77,0 cd	182,7 cd	281,5 b
BRA 1024	86,0 b	187,9 bc	229,1 cd
BRA 1073	100,0 a	155,6 d	217,8 d
BRA 1455	100,0 a	222,2 ab	255,2 bc
BRS Atalanta	68,8 d	153,6 d	254,9 bc
BRS Bojuru	47,7 e	120,7 e	230,3 cd
BRS Fronteira	100,0 a	235,8 a	266,9 b
BRS Querência	92,6 b	122,4 e	177,7 e
CNA 10754	100,0 a	195,5 bc	129,8 cd
CNA 10756	98,5 a	191,9 bc	223,3 cd
CNA 10757	100,0 a	197,6 bc	227,7 cd
Inov	81,3 c	220,1 ab	323,9 a
CV (%)	9,3	16,1	13,9

¹Para a análise estatística, os dados foram transformados para $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Dentre os genótipos avaliados, apenas a cultivar BRS Bojuru, reconhecidamente com reação de tolerância à salinidade e ao frio (MACHADO et al., 1997) e, por essa razão, utilizada como cultivar controle neste estudo, apresentou índice de esterilidade inferior a 50%. Entre as demais, destacaram-se as cultivares BRS Atalanta (69%), Avaxi (77%) e Inov (81%). A 'BRS Querência' e CNA10756 apresentaram, respectivamente, índices de esterilidade de 93% e 98%; os demais

genótipos, incluindo algumas linhagens promissoras do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado da Embrapa, não apresentaram espiguetas férteis (Tab. 5). Com relação aos resultados da 'BRS Atalanta', devem ser feitas duas considerações: a) por se tratar de uma cultivar de ciclo superprecoce, em média 100 dias da emergência a maturação completa dos grãos, provavelmente foi menos prejudicada pelo frio na fase crítica (emborrachamento) e b) a ausência de resposta à salinidade na fase reprodutiva é um indicativo forte de reação de tolerância ao fator, que deve ser confirmado em estudos futuros. Também para os híbridos 'Avaxi' e 'Inov' os resultados evidenciam alguma tolerância ao sal e ao frio, visto serem materiais de ciclo precoce (até 120 dias), os quais receberam o estresse por frio no emborrachamento.

Em razão dos elevados índices de esterilidade de espiguetas determinados para a maior parte dos genótipos de arroz (Tab. 5), a produção de grãos foi comprometida, não sendo possível utilizar esses dados para a avaliação do efeito dos tratamentos. Assim, a análise dos dados de produção de matéria seca das plantas de arroz foi restringida às variáveis produção de massa seca dos colmos e folhas e da parte aérea, que foram influenciadas pelos fatores nível de salinidade na água de irrigação e genótipo de arroz, porém individualmente.

O tratamento 0,50% de NaCl na água de irrigação proporcionou menor produção de massa seca dos colmos e folhas e da parte aérea relativamente aos demais (testemunha sem sal e 0,25% de NaCl), que não diferiram entre si (Tab. 6). Esses resultados concordam com aqueles obtidos por Fageria (1985), que verificou manutenção na produção de massa seca da parte aérea de algumas cultivares de arroz quando submetidas a níveis de salinidade de até 5 dS cm⁻¹, a partir de então essa decrescia. Acrescenta-se que os prejuízos decorrentes da salinidade sobre a produção de massa seca em plantas de arroz ocorrem quando o estresse ocorre anteriormente à fase de emborrachamento (ZENG et al., 2001), contribuindo para a ausência de efeito negativo do tratamento com aplicação de nível mais brando de salinidade (0,25% de NaCl) sobre tais variáveis.

Tabela 6. Produção de massa seca dos colmos e folhas e da parte aérea de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições.

Concentração de sal	Colmos e folhas	Parte aérea
	----- g subparcela ⁻¹ -----	
Testemunha sem sal	196,7 a	256,1 a
Solução 0,25% NaCl	195,5 a	265,1 a
Solução 0,50% NaCl	156,9 b	208,4 b
CV (%)	16,1	13,9

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Os genótipos de arroz irrigado apresentaram ampla variação na produção de massa seca dos colmos e folhas (Tab. 5). A partir dos resultados, distinguiram-se três grupos de genótipos: a) produção elevada ('BRS Fronteira', BRA 1455 e 'Inov'); b) produção mediana (CNA 10757, CNA 10754, CNA 10756, BRA 1024 e 'Avaxi') e c) produção baixa (BRA 1073, 'BRS Atalanta', 'BRS Querência' e BRS 'Bojuru'). Tais resultados refletem a variabilidade do material genético, particularmente quanto ao porte de planta e capacidade de perfilhamento, bem como sua adaptação às condições de cultivo (interação genótipo x ambiente).

A produção de massa seca da parte aérea das plantas de arroz refletiu, basicamente, o efeito determinado para a massa seca de colmos e folhas, variando bastante entre os genótipos (Tab. 5). Isto porque a massa seca dos colmos e folhas contribuiu majoritariamente para a massa da parte aérea, uma vez que o estresse salino incidiu principalmente sobre os órgãos reprodutivos, por ter sido estabelecido a partir da diferenciação da panícula, quando a acumulação de massa nos colmos e folhas se encontrava em fase final (S0SBAI, 2007).

Para todos os níveis de salinidade, determinou-se correlação negativa entre a produção de massa seca dos grãos das cultivares de arroz e o índice de esterilidade de espiguetas [testemunha sem sal ($r = -0,77$); solução 0,25% de NaCl ($r = -0,83$) e solução 0,50% de NaCl ($r = -0,81$)], mostrando que quanto menor a produção de massa seca dos grãos, maior a esterilidade de espiguetas (Fig. 4).

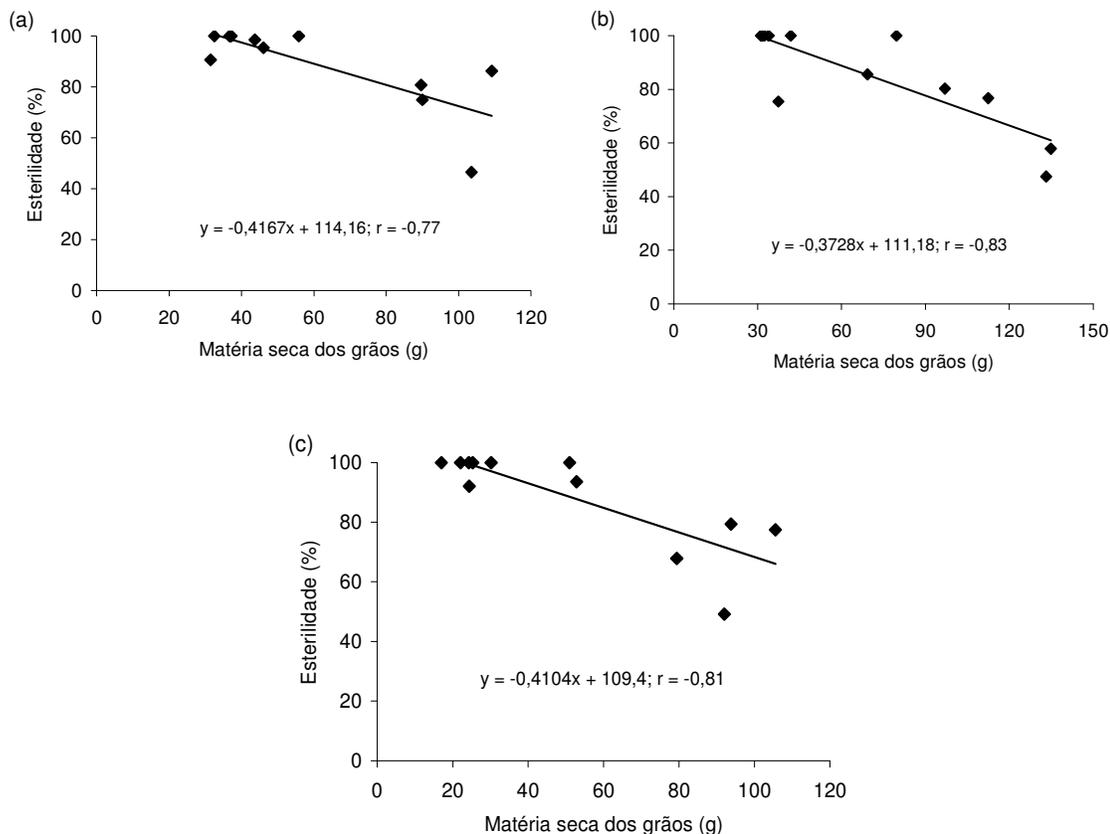


Figura 4. Relação entre a produção de massa seca dos grãos e a esterilidade de espiguetas de 12 genótipos de arroz em três concentrações de sal na água de irrigação (a- testemunha sem sal, b- solução 0,25% de NaCl e c- solução 0,50% de NaCl. Médias de três repetições.

As concentrações de sódio, potássio, cálcio e fósforo nos colmos e folhas das plantas de arroz foram influenciadas pela interação entre os fatores nível de salinidade na água de irrigação e genótipo de arroz. Por sua vez, o teor de magnésio variou, apenas, em função da concentração de sal na água de irrigação.

Os teores de sódio nos colmos e folhas das plantas de arroz aumentaram com a concentração de sal na água de irrigação. Para os genótipos 'Avaxi', BRA 1024, 'BRS Fronteira', CNA 10754, CNA 10756 e 'Inov', os valores determinados no tratamento 0,25% de NaCl não diferiram, porém, dos determinados da testemunha sem sal. Os maiores incrementos na concentração de sódio no tecido vegetal ocorreram entre os níveis 0,25% e 0,50% de NaCl, exceção feita para os genótipos BRA1073, 'BRS Atalanta' e 'BRS Querência', para os quais estes foram determinados entre a testemunha sem sal e o tratamento 0,25% de NaCl (Tab. 7). Menores concentrações de sódio na massa seca da parte aérea das plantas podem ser um

indicativo de mecanismo de tolerância à salinidade, refletindo menor absorção e/ou translocação do elemento presente no meio de cultivo (YEO & FLOWERS, 1983).

Tabela 7. Teor de sódio nos colmos e folhas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV=19,2%).

Genótipo	Testemunha	0,25 % NaCl	0,50 % NaCl
	----- g kg ⁻¹ -----		
Avaxi	1,57 Ba	3,10 Bf	16,97 Ab
BRA 1024	1,63 Ba	2,80 Bf	23,63 Aa
BRA 1073	1,43 Ca	10,07 Bbc	18,87 Ab
BRA 1455	1,00 Ca	6,10 Bde	17,47 Ab
BRS Atalanta	1,53 Ca	11,10 Bb	17,40 Ab
BRS Bojuru	1,63 Ca	7,80 Bcd	12,23 Ac
BRS Fronteira	0,97 Ba	3,37 Bef	18,90 Ab
BRS Querência	1,27 Ca	14,70 Ba	22,13 Aa
CNA 10754	1,47 Ba	3,00 Bf	23,30 Aa
CNA 10756	1,13 Ba	2,90 Bf	18,53 Ab
CNA 10757	1,10 Ca	7,17 Bd	18,37 Ab
Inov	1,33 Ba	2,50 Bf	17,37 Ab

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Variações nos teores de sódio entre os genótipos foram determinadas somente para os tratamentos com adição de sal. As concentrações medidas no nível de 0,50% de NaCl distinguiram três grupos de genótipos: a) 'BRS Bojuru', com menor concentração do nutriente no tecido vegetal; b) 'Avaxi', BRA 1073, BRS 1455, 'BRS Atalanta', 'BRS Fronteira', CNA 10756, CNA 10757 e 'Inov', com concentrações intermediárias e c) BRA 1024, 'BRS Querência' e CNA 10754, com as maiores concentrações de Na. Já no nível médio de salinidade (0,25%), a variação entre os genótipos foi maior, destacando-se a 'BRS Querência', pela maior concentração de sódio. O número de genótipos com teores baixos do elemento foi ampliado, passando a cinco ('Avaxi', BRA 1024, 'BRS Fronteira', CNA 10754, CNA 10756 e 'Inov') (Tab. 7). Destaca-se o fato de a 'BRS Bojuru', reconhecidamente tolerante ao nível médio de salinidade (MACHADO et al., 1997), apresentar teor de sódio no tecido vegetal superior ao determinado para vários outros genótipos com pior desempenho na presença desse fator.

O aumento da concentração de sódio na parte aérea de plantas cultivadas em meio salino é um efeito relativamente comum, tendo sido verificado anteriormente, em arroz, por Fageria (1985; 1991), e em milho, por Garcia et al., (2007); Willadino et al., (1994); Azevedo Neto & Tabosa (2000) e Azevedo Neto et al. (2004). Esse pode ser um parâmetro importante na seleção de genótipos tolerantes; revisões sobre o tema (LAUCHLI & EPSTEIN, 1990) referem-se à acumulação e exclusão de íons e ao ajustamento osmótico como os principais mecanismos associados a essa habilidade, a qual varia entre espécies (YEO & FLOWERS, 1983).

Contrariamente ao comportamento descrito para o sódio, a concentração de potássio nos colmos e folhas das plantas de arroz diminuiu com o nível de sal na água de irrigação. No entanto, para os genótipos BRA 1073, 'BRS Bojuru' e 'BRS Fronteira', os teores determinados na testemunha sem sal não diferiram daqueles medidos no nível médio de salinidade. Da mesma forma, para sete dos genótipos avaliados (BRA 1024, BRA 1045, 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10756, CNA 10757 e 'Inov') não houve diferença na concentração de potássio das plantas cultivadas nos níveis médio e alto de salinidade (Tab. 8).

Tabela 8. Teor de potássio nos colmos e folhas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV= 11,8 %).

Genótipo	Testemunha	0,25 % NaCl	0,50 % NaCl
	----- g kg ⁻¹ -----		
Avaxi	17,4 Aa	13,1 Bab	10,4 Cab
BRA 1024	15,3 Aabc	10,4 Bbc	9,7 Bab
BRA 1073	14,1 Ac	14,4 Aa	9,7 Bab
BRA 1455	16,0 Aabc	10,6 Bbc	9,7 Bab
BRS Atalanta	16,9 Aab	14,3 Ba	10,0 Cab
BRS Bojuru	15,9 Aabc	14,1 ABa	11,9 Ba
BRS Fronteira	13,8 Ac	12,1 Aabc	12,1 Aa
BRS Querência	16,5 Aabc	12,6 Babc	6,6 Cc
CNA 10754	15,0 Aabc	12,3 Babc	8,7 Cbc
CNA 10756	17,5 Aa	11,3 Bbc	11,9 Ba
CNA 10757	14,5 Abc	10,1 Bc	8,9 Bbc
Inov	15,9 Aabc	12,6 Babc	12,0 Ba

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Explica-se o decréscimo nos teores de potássio no tecido vegetal de arroz decorrente do aumento da salinidade no meio de cultivo pela redução na absorção desse nutriente devido à presença de concentrações elevadas de sódio, em razão da absorção competitiva desses cátions monovalentes (KAWASAKI et al., 1983). Resultados semelhantes foram descritos por Fageria (1985; 1991) e Carmona et al., (2009), para plantas de arroz e por Garcia et al. (2007) para plantas de milho.

As principais diferenças entre os genótipos ocorreram no nível mais alto de sal, no qual os genótipos 'BRS Querência', CNA 10754 e CNA 10757 apresentaram as menores concentrações de potássio no tecido vegetal (Tab. 8). Tanto o efeito sobre a acumulação de massa seca nos colmos e folhas quanto a inibição da absorção de potássio devem ter contribuído para a variação nos teores de potássio entre os genótipos de arroz avaliados.

Apenas para o genótipo CNA 10757 os teores de fósforo no tecido vegetal da testemunha foram menores àqueles determinados para os tratamentos com aplicação de sal. Por outro lado, a comparação no efeito dos níveis 0,25% e 0,50% de NaCl revela que, de forma geral, as concentrações de P aumentaram com a dose de sal (Tab. 9), justificado pela correlação negativa existente entre teor desse nutriente e crescimento da planta de arroz (FAGERIA, 1991).

Tabela 9. Teor de fósforo nos colmos e folhas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 18,1%).

Genótipo	Testemunha	0,25 % NaCl	0,50 % NaCl
	----- g kg ⁻¹ -----		
Avaxi	2,20 Aab	1,43 Bc	2,43 Aa
BRA 1024	2,93 Aa	1,97 Babc	2,67 Aa
BRA 1073	2,17 ABab	1,67 Bbc	2,47 Aa
BRA 1455	2,83 Aa	2,40 Aab	2,60 Aa
BRS Atalanta	1,90 Abb	1,50 Bc	2,20 Aa
BRS Bojuru	2,37 Aab	1,57 Bc	1,10 Bb
BRS Fronteira	2,33 Aab	1,93 Aabc	2,50 Aa
BRS Querência	2,87 Aa	1,37 Bc	2,40 Aa
CNA 10754	2,60 Aab	2,10 Aabc	2,20 Aa
CNA 10756	2,93 Aa	2,07 Babc	2,70 ABa
CNA 10757	2,20 Bab	2,57 ABa	2,90 Aa
Inov	2,37 Aab	1,50 Bc	2,33 Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

As diferenças entre os genótipos foram mais intensas no nível médio de salinidade (0,25% de NaCl) (Tab. 9), refletindo as variações na produção de massa seca e a influência da presença de sal no meio de cultivo sobre a absorção de fósforo.

O efeito da salinidade sobre a concentração de cálcio nos colmos e folhas do arroz manifestou-se apenas nos genótipos 'Avaxi', BRA 1024, BRA 1073, 'BRS Bojuru' e 'Inov', sem tendência definida de comportamento (Tab. 10), o que, em parte, deve estar associado às variações diferenciadas na produção de massa seca. Larcher (2000) relata, porém, decréscimo na absorção de Ca na presença de excesso dos íons Na^+ e/ou Cl^- no meio de cultivo, efeito verificado por Fageria (1991).

Tabela 10. Teor de cálcio nos colmos e folhas de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 14,9 %).

Genótipo	Testemunha	0,25 % NaCl	0,50 % NaCl
	----- g Kg ⁻¹ -----		
Avaxi	2,87 Bb	3,93 Aab	3,23 ABbcd
BRA 1024	3,97 Aa	3,07 Bbc	1,90 Ce
BRA 1073	3,43 Bab	4,50 Aa	3,43 Bbc
BRA 1455	3,57 Aab	3,13 Abc	3,07 Abcd
BRS Atalanta	3,43 Aab	3,30 Abc	3,50 Ab
BRS Bojuru	3,43 Aab	2,93 ABc	2,17 Be
BRS Fronteira	3,40 Aab	3,13 Abc	3,73 Aab
BRS Querência	3,33 Aab	3,90 Aab	3,53 Ab
CNA 10754	3,17 Aab	3,33 Abc	2,60 Acde
CNA 10756	3,33 Aab	3,07 Abc	2,50 Ade
CNA 10757	2,87 Ab	3,20 Abc	3,20 Abcd
Inov	2,87 Bb	3,33 Bbc	4,43 Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Independentemente do genótipo, a concentração de magnésio nos colmos e folhas das plantas de arroz foi menor no tratamento 0,50% de NaCl (1,94 g kg⁻¹), relativamente à testemunha sem sal (2,34 g kg⁻¹) e ao tratamento com nível médio de salinidade (2,42 g kg⁻¹), que não diferiram entre si. Este comportamento confirma aquele determinado por Fageria (1991), ao avaliar a influência do sal em nove genótipos de arroz.

A concentração de sódio nos grãos aumentou com o nível de sal na água de irrigação, muito embora as diferenças significativas tenham se restringido ao nível mais alto de sal (0,50% de NaCl), que apresentou valores muito maiores que os demais. Apenas para este último tratamento os genótipos distinguiram-se entre si. Neste sentido, menor teor de sódio foi determinado para o genótipo BRA 1024, o qual não diferiu, porém, de CNA 10754 e das cultivares BRS Querência e BRS Bojuru (Tab. 11). No caso desta última, tal efeito reflete sua reação de tolerância à salinidade, constatada pela maior produção de massa seca nos grãos e menor índice de esterilidade de espiguetas que os demais genótipos.

Tabela 11. Teor de sódio nos grãos de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 19,2 %).

Genótipo	Testemunha	0,25 % NaCl	0,50 % NaCl
	----- g Kg ⁻¹ -----		
Avaxi	0,28 Ba	0,62 Ba	1,89 Aabc
BRA 1024	0,38 Ba	0,54 Ba	1,13 Ae
BRA 1073	0,33 Ba	0,64 Ba	2,09 Aa
BRA 1455	0,35 Ba	0,54 Ba	1,56 Abcde
BRS Atalanta	0,32 Ba	0,51 Ba	2,06 Aa
BRS Bojuru	0,30 Ba	0,49 Ba	1,27 Ade
BRS Fronteira	0,39 Ba	0,64 Ba	1,72 Aabcd
BRS Querência	0,33 Ba	0,56 Ba	1,54 Acde
CNA 10754	0,36 Ba	0,54 Ba	1,30 Ade
CNA 10756	0,29 Ba	0,51 Ba	1,69 Aabcd
CNA 10757	0,24 Ba	0,53 Ba	1,77 Aabc
Inov	0,34 Ba	0,46 Ba	2,03 Aab

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Para os genótipos BRA 1073, BRA1455, 'BRS Bojuru' e CNA 10757 não se determinou efeito do nível de sal sobre o teor de potássio nos grãos. Para os demais, as variações observadas não apresentaram uma tendência definida (Tab. 12), muito embora, em geral, a concentração do nutriente no tecido vegetal decresça em resposta à maior disponibilidade de sódio no meio de cultivo, como reportado por Fageria (1985; 1991; Garcia et al., 2007). Estes resultados diferem daqueles encontrados para a variável concentração de K nos colmos e folhas (Tab. 8),

possivelmente em razão de a produção de massa seca dos grãos ter sido mais afetada pela presença de sal no meio de cultivo que o restante da parte aérea das plantas, dificultando a expressão dos resultados.

Tabela 12. Teor de potássio nos grãos de genótipos de arroz, em função da concentração de sal na água de irrigação. Médias de três repetições. (CV = 11,8 %).

Genótipo	Testemunha	0,25 % NaCl	0,50 % NaCl
	----- g kg ⁻¹ -----		
Avaxi	9,5 Bde	11,9 Acd	12,7 Acd
BRA 1024	18,8 ABa	20,1 Aa	16,8 Bb
BRA 1073	11,2 Acd	11,0 Ad	13,1 Acd
BRA 1455	15,7 Ab	16,7 Ab	15,5 Abc
BRS Atalanta	13,3 Abc	9,5 Bde	11,1 ABde
BRS Bojuru	7,8 Ae	7,9 Ae	8,4 Ae
BRS Fronteira	14,9 Bb	17,8 Aab	20,9 Aa
BRS Querência	11,3 ABcd	12,2 Bcd	8,4 Be
CNA 10754	13,7 Bbc	14,8 Bbc	18,4 Aab
CNA 10756	14,2 Bbc	15,8 Bb	20,8 Aa
CNA 10757	14,7 Ab	16,3 Ab	17,6 Ab
Inov	12,8 ABbc	11,9 Bcd	15,3 Abc

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula da coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Baseado na análise de variância dos atributos químicos do solo pode observar-se efeito da adição de sal na água de irrigação nos teores de sódio trocável no solo, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, acidez total (H + Al), porcentagem de saturação por sódio (PST) e na condutividade elétrica (CE). Em relação aos cátions trocáveis K, Ca e Mg e à capacidade de troca de cátions (CTC) não houve efeito dos níveis de salinidade na água de irrigação (Tab.13). O incremento de salinidade no meio, provocou aumento nos teores de Na trocável e conseqüentemente da PST, como era esperado. Da mesma forma, Carmona et al. (2009), verificaram comportamento semelhante, em solo com aplicação de níveis crescentes de salinidade, embora com valores de Na trocável e PST menores. Essas diferenças podem ser explicadas pela lixiviação de cátions que ocorreu naquele experimento. Este experimento foi conduzido em sistema fechado (tanques de alvenaria) o que propiciou o acúmulo dos cátions

trocáveis, justificando também a não variação dos cátions K, Ca e Mg com o aumento dos níveis de salinidade na água de irrigação.

A condutividade elétrica aumentou conforme o aumento do nível de salinidade na água de irrigação, demonstrando que a concentração de sais no solo para culturas irrigadas é afetada pela concentração salina da água de irrigação (Kelly, 1963). Resultados semelhantes, foram reportados por Gurgel et al. (2003) na avaliação da evolução da salinidade no solo utilizando diferentes níveis de salinidade das águas no cultivo de melão irrigado.

Tabela 13. Efeito da concentração de sal na água de irrigação sobre os teores de cátions, pH, acidez total (H + Al), capacidade de troca de cátions (CTC), porcentagem da CTC por sódio (PST) no final do experimento. Médias de três repetições.

Característica do solo	Testemunha	0,25 % NaCl	0,50 % NaCl
Na trocável ⁽¹⁾ (mg.dm ⁻³)	56 c	361 b	740 a
K trocável ⁽¹⁾ (mg.dm ⁻³)	92 a	115 a	127 a
Ca trocável ⁽²⁾ (cmol _c .dm ⁻³)	2,73 a	2,6 a	2,3 a
Mg trocável ⁽²⁾ (cmol _c .dm ⁻³)	1,50 a	1,43 a	1,36 a
pH _{H2O}	4,77 b	5,03 a	4,97 a
H + Al ⁽³⁾ (cmol _c .dm ⁻³)	4,82 a	3,32 b	3,58 b
CTC _{pH 7,0}	9,47 a	9,29 a	10,79 a
PST (%)	2,28 c	17,06 b	29,82 a
CE ⁽⁴⁾ (dSm ⁻¹)	0,12 c	3,20 b	6,55 a

⁽¹⁾ extrator Mehlich ⁻¹. ⁽²⁾ extrator KCl 1,0 mol.L⁻¹. ⁽³⁾ estimado pelo índice SMP, conforme (CQFS, 2004). ⁽⁴⁾ no extrato de saturação na relação 1:5. Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

4- CONCLUSÕES

Com base em avaliação visual de intensidade de sintomas de danos por excesso de sal aplicado na água de irrigação no período de diferenciação da panícula até a maturação, todos os genótipos são tolerantes ao nível médio de salinidade (0,25% de NaCl). No nível alto (0,50% de NaCl), os genótipos 'Avaxi', BRA 1024, 'BRS Atalanta', 'BRS Bojuru', 'BRS Fronteira', CNA 10756 e 'Inov'

classificam-se como moderadamente tolerantes e BRA 1073 BRA 1455, 'BRS Querência', CNA 10754 e CNA 10757, como moderadamente suscetíveis.

A esterilidade de espiguetas varia com o genótipo de arroz, destacando-se a cultivar BRS Bojuru, como a única com índice inferior a 50%.

Sob o nível mais alto de sal na água de irrigação (0,50% de NaCl), a produção de massa seca das plantas de arroz é reduzida, havendo variações, ainda, entre os genótipos.

O teor de sódio nos colmos e folhas e nos grãos de arroz aumenta com a concentração de sal na água de irrigação, o contrário ocorrendo para a concentração de magnésio.

Nas condições em que foi realizado o experimento, o aumento da salinidade na água de irrigação aumenta os teores de Na trocável, a porcentagem de saturação por sódio e a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, não influenciando a concentração dos demais cátions trocáveis.

CAPÍTULO 2

PARÂMETROS MORFOLÓGICOS DE RAÍZES E CINÉTICA DE ABSORÇÃO DE POTÁSSIO EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO.

1 – INTRODUÇÃO

O potássio (K) é um nutriente essencial para todas as plantas, atuando em importantes processos fisiológicos como ativação enzimática, relações hídricas, relações energéticas, fotossíntese e translocação de fotossintatos (MENGEL & KIRKBY, 1987). Juntamente com o nitrogênio, o potássio é um dos nutrientes necessários em maior quantidade em comparação aos demais nutrientes essenciais para a cultura de arroz (FAGERIA et al., 1997).

A taxa de absorção de nutrientes do solo pelas plantas em função da concentração destes nutrientes na superfície da raiz fornece subsídios que permitem tanto investigar os mecanismos de absorção dos íons, como avaliar os mecanismos de suprimento dos nutrientes às raízes das plantas (CLAASSEN e BARBER, 1974; ANGHINONI & BARBER, 1990).

O sistema radicular das plantas, é um importante fator de produção. As principais funções das raízes das plantas são a absorção de nutriente e água do solo e o suporte mecânico da planta. A diferença varietal no desenvolvimento do sistema radicular das culturas anuais é relatada em vários estudos (CARADUS, 1981, ENNOS, 1985).

A variabilidade genética da planta refere-se à característica hereditária de uma espécie vegetal ou cultivar que apresenta diferença de crescimento ou produção em comparação com outra espécie ou cultivar, sob condições de ambiente ideais ou adversas (FAGERIA, 1989). Vários trabalhos evidenciam o comportamento diferencial entre espécies ou cultivares da mesma espécie na absorção e utilização de K (GLASS & PERLEY, 1980; SIDDIQI et al., 1987; WOODEND et al., 1987). Devido à exigência nutricional bem variável entre espécies e variedades da mesma espécie, é comum observar-se produtividades diferentes sob as mesmas condições de fertilidade do solo.

A capacidade de absorção de um nutriente pelas plantas é o resultado da taxa de absorção por unidade de comprimento de raízes e da densidade de raízes desenvolvida pela planta no solo, bem como sua morfologia. A concentração de um elemento na solução em contato com a superfície radicular determina a quantidade de absorção do mesmo em função do tempo (CLARKSON, 1985).

A equação de Michaelis-Menten, que estabelece a relação entre a concentração do nutriente na solução e sua taxa de absorção tem sido amplamente utilizada em estudos de cinética de absorção para avaliar a eficiência de espécies e de genótipos em absorver os nutrientes, com os conceitos clássicos de $V_{m\acute{a}x}$ e K_m (EPSTEIN, 1975). Entretanto, com a constatação de que a absorção só inicia a partir de uma certa concentração, abaixo da qual a raiz perde nutriente para a solução, foram introduzidos por Claassen e Barber (1974) e por Nielsen e Barber (1978) os conceitos de concentração mínima ($C_{m\acute{i}n}$), influxo e efluxo. Assim, a cinética de absorção passou a ser descrita pelo seguinte modelo: $I_l = [I_{m\acute{a}x} (C - C_{m\acute{i}n})] / (K_m + C - C_{m\acute{i}n})$, onde: I_l = influxo líquido ($\text{nmol m}^{-1} \text{min}^{-1}$); $I_{m\acute{a}x}$ = influxo máximo; K_m = concentração em que $I_l = I_{m\acute{a}x}/2$ (mmol L^{-1}); $C_{m\acute{i}n}$ = concentração em que $I_l = 0$ (mmol L^{-1}) e C = concentração atual do nutriente na solução (mmol L^{-1}).

Em muitas espécies de plantas a variação dos parâmetros cinéticos de absorção K_m (constante de Michaelis-Menten), $I_{m\acute{a}x}$ (velocidade máxima) e $C_{m\acute{i}n}$ (concentração mínima) é ampla e está relacionada à morfologia, fisiologia e desenvolvimento do sistema radicular, o que indica diferenças genótípicas quanto à capacidade de adaptação aos diversos ecossistemas. Para cada genótipo, quando em condições ideais de fertilidade, os parâmetros ($I_{m\acute{a}x}$, K_m e $C_{m\acute{i}n}$) de um nutriente são considerados constantes.

O $I_{m\acute{a}x}$ corresponde a velocidade máxima de absorção atingida quando todas as moléculas do carregador estiverem transportando íons em velocidade máxima de absorção ou, ainda, o influxo máximo (VILELA & ANGHINONI, 1984; MALAVOLTA, 1989; VAHL et al., 1993).

O K_m (constante de Michaelis-Menten), corresponde à concentração do elemento que garante $\frac{1}{2}$ da velocidade máxima de absorção ($V_{m\acute{a}x}$ ou $I_{m\acute{a}x}$). O K_m  uma medida da afinidade do elemento e/ou nutriente com o carregador. Quanto menor for o K_m maior será a afinidade e também a seletividade ao elemento e/ou nutriente, uma vez que com menores concentrações é atingida metade da velocidade máxima de absorção e, quanto maior a afinidade, maior será a eficiência de absorção pela planta. Portanto, o K_m está relacionado com a capacidade da planta absorver nutrientes em baixas concentrações.

Como a velocidade de absorção de nutrientes  função do número de carregadores e de sua velocidade de giro, o aumento do sistema radicular resulta em maior número de sítios de absorção, com conseqüentes alterações nos parâmetros cinéticos de absorção (FONTES & BARBER, 1984; CLARKSON, 1985).

Steingrobe & Schenk (1993), estudando a demanda de N por plantas de alface, em função do estdio de desenvolvimento, observaram correlação positiva entre o incremento do influxo máximo de N ($I_{m\acute{a}x}$) e o aumento do peso de mteria seca das raízes. Assim, espécies ou variedades com valores baixos para K_m de um dado elemento terá maior possibilidade de prosperar em solos com baixo teor disponível deste elemento do que outras espécies ou variedades com valores mais altos (MALAVOLTA, 1989). O C_{min} , por sua vez, corresponde à concentração mínima do nutriente na solução necessária para a planta começar a absorvê-lo. Um baixo valor de C_{min} , indica que a planta é capaz de absorver o nutriente da solução quando este se encontra em baixa concentração.

Outro conceito importante é o poder de absorção (α), definido como a razão $I_{m\acute{a}x}/K_m$. A eficiência de absorção de um nutriente em baixa concentração na solução será tanto maior quanto maior for o $I_{m\acute{a}x}$ e menor for o k_m . O parâmetro α , sendo a razão dos dois, é uma expressão direta desta eficiência

Anghinoni et al. (1989) e Vahl et al. (1993) observaram diferenças acentuadas de α entre cultivares de arroz. Entretanto, das cultivares estudadas por estes autores, apenas duas ainda são utilizadas (BR-IRGA 409 e 410) e a lista de cultivares atualmente recomendadas para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina

contém 42 cultivares (SOSBAI, 2007). Logo, é possível que exista variação na capacidade de absorção entre as cultivares ainda muito maior do que a observada pelos autores citados.

Alterações na morfologia e fisiologia radicular são comuns em plantas cultivadas. Anghinoni et al. (1989), estudando parâmetros morfológicos de raiz e de absorção dos nutrientes P, K, Ca e Mg em cultivares de milho, arroz e trigo, verificaram variação dos parâmetros cinéticos, sendo $I_{máx}$ o de maior variabilidade. As diferenças observadas foram atribuídas à menor ou maior capacidade de desenvolvimento do sistema radicular de cada espécie ou genótipo.

Este trabalho teve por objetivo avaliar genótipos de arroz quanto a possíveis diferenças na capacidade de absorção de K, quantificando-se para cada um deles os parâmetros cinéticos de absorção de potássio e os parâmetros morfológicos de raiz. A identificação de tais diferenças entre as cultivares pode servir de subsídios para explicar as eventuais variações genótípicas existentes entre cultivares que já foram lançadas no mercado e genótipos promissores.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, no laboratório de nutrição e adubação de plantas, com fornecimento de luz artificial (15.000 lx) composta de 45 lâmpadas amarelas de 100 Watts e 45 lâmpadas fluorescentes de 40 Watts, distribuídas alternadamente sobre as plantas a uma altura de 80 cm da borda dos vasos, pelo período de 12 horas por dia (Fig. 1).

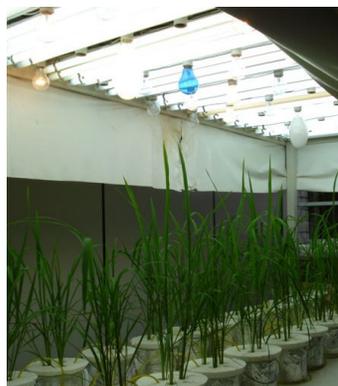


Figura 1: detalhe da iluminação da bancada

Os tratamentos consistiram de onze genótipos, sendo cinco cultivares comerciais (BRS Querência, BRS Atalanta, BRS Bojuru, BRS Fronteira, e o híbrido Avaxi) e seis genótipos promissores, os quais estão em processo de avaliação pela Embrapa Clima Temperado (CNA 10754, CNA 10756, CNA 10757, BRA 1455, BRA 1024, BRA 1073). Os tratamentos foram arranjados em delineamento totalmente casualizados com 3 repetições.

Cada genótipo teve suas sementes pré-germinadas em esponja e papel Germinex umedecido (Fig. 2). Após um período de sete dias, três plântulas de cada genótipo, foram transplantadas para os vasos plásticos com 3,8 litros de solução e cultivadas em solução nutritiva completa até o estágio de 7 folhas (V7).



Figura 2: Detalhe da pré-germinação das sementes

A composição da solução nutritiva, em $\mu\text{moles L}^{-1}$ foi: 1000 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 322 $(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$; 660 MgSO_4 ; 250 CaCl_2 ; 350 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 15 H_3BO_3 ; 0,8 CuSO_4 ; 38 $\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{N}_2\text{Fe}_2\text{O}_8$; 1,2 MnCl_2 ; 0,51 ZnSO_4 ; 0,012 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ e 1000 KCl . Durante o cultivo, o nível da solução nos vasos foi repostado diariamente com água destilada, sendo o pH monitorado a cada três dias e, quando necessário ajustado para 5,7 (\pm 0,3). As soluções foram renovadas semanalmente.

Os parâmetros cinéticos de absorção de potássio: $I_{\text{máx}}$, K_m e C_{min} foram determinados, para cada cultivar, no estágio de 7 folhas (V7, segundo Couce et al., 2000), a partir da diminuição da concentração deste elemento na solução nutritiva em função do tempo, conforme metodologia de Claassen e Barber (1974). Na véspera da medição da cinética de absorção de potássio, as soluções foram trocadas, omitindo-se o elemento. No dia da determinação foi adicionado 100 μmol de K por vaso, que foi exaurido num período variável de 6 a 14 horas, conforme a cultivar. Uma alíquota de 10 ml da solução foi coletada a intervalos de amostragem

de 30 minutos, para obtenção da curva de exaustão de K da solução (Fig. 3). Durante as coletas o nível inicial da solução foi repostado pela adição de água destilada. Os teores de potássio nas alíquotas foram determinados por fotometria de chama. Para o cálculo dos valores de $I_{\text{máx}}$, K_m , $C_{\text{mín}}$, foi utilizado o programa: Cinética (RUIZ & FERNANDES FILHO 1992).

A taxa de absorção de potássio ou o Influxo (I) foi calculada conforme Classen e Barber (1974) pela equação, $I (\mu\text{moles L}^{-1}) = [I_{\text{máx}} \times (\text{concentração K} - C_{\text{mín}})] / K_m + (\text{concentração K} - C_{\text{mín}})$. O poder de absorção (α) foi calculado pela razão $\alpha = I_{\text{máx}} / K_m$.

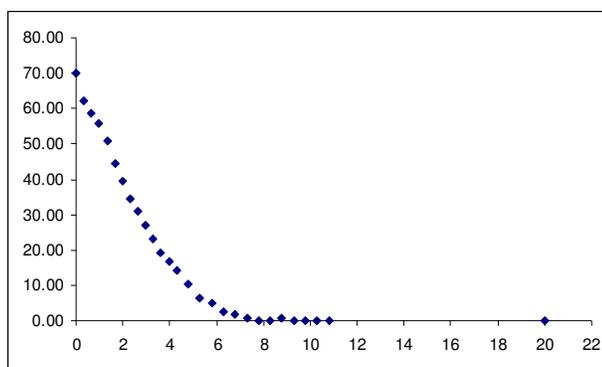


Figura 3 – Curva de exaustão de potássio (K) do híbrido Avaxi.

Após a medição da cinética as plantas foram coletadas e a parte aérea separada das raízes. Nas raízes foram determinados os parâmetros morfológicos: comprimento (L), raio médio (r), área radicular (AR), massa úmida (mu) e massa seca (ms). O comprimento de raízes foi estimado pelo método de intersecção das quadrículas descrito por Tennant (1975), a área calculada a partir da fórmula $AR = 2\pi \cdot r \cdot L$, e o $r = \text{raio médio das raízes} [r = (\text{mu}/\pi L)^{1/2}]$.

Para determinação da massa seca, parte aérea e raízes foram secas em estufa com circulação forçada de ar (60°C a 70°C) até peso constante. Após, a parte aérea foi moída em moinho tipo Willey (equipados com peneiras de 2 mm de diâmetro de abertura de malha) para quantificação dos teores de potássio, conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

Os resultados foram submetidos à análise de comparação pareada das médias entre as cultivares pelo teste de Duncan ao nível de 5%, utilizando o programa Winstat (MACHADO, 2001).

3 – RESULTADO E DISCUSSÃO

a) PARÂMETROS MORFOLÓGICOS

Os genótipos 'Avaxi' e CNA 10756 apresentaram os maiores valores de massa seca da parte aérea diferenciando-se dos demais genótipos estudados, que apresentaram valores variando de 1,95 g a 3,25 g, sendo que a cultivar BRS Bojuru foi a que apresentou o menor valor numérico de massa seca da parte aérea (Tab. 1). Este comportamento pode ser explicado pela variabilidade genética quanto às características morfológicas de cada cultivar, por exemplo, onde a 'BRS Bojuru', caracteriza-se por apresentar folhas mais estreitas se comparada com as demais cultivares estudadas. Por outro lado a 'Avaxi', por ser um híbrido, apresenta um porte mais robusto, possuindo grande capacidade de emissão de perfilhos (SOSBAI 2007).

Tabela 1: Massa seca da parte aérea e da raiz, e a relação entre MS raiz / MS parte aérea raiz de 11 cultivares de arroz. Média de três repetições.

Cultivar	Massa Seca		Relação
	Parte aérea	Raiz	MS _{raiz} / MS _{parte aérea}
	----- g -----		
Avaxi	3,869 a	0,963 a	0,249 abc
BRA 1024	2,755 bcd	0,569 cd	0,206 bc
BRA 1073	2,685 cd	0,652 bcd	0,243 abc
BRA 1455	2,532 d	0,813 ab	0,321 a
BRS Atalanta	2,438 de	0,565 cd	0,232 abc
BRS Bojuru	1,948 e	0,427 d	0,219 bc
BRS Fronteira	2,434 de	0,629 bcd	0,258 ab
BRS Querência	3,258 b	0,760 abc	0,233 abc
CNA 10754	2,730 bcd	0,593 bcd	0,217 bc
CNA 10756	3,805 a	0,486 d	0,128 bc
CNA 10757	3,200 bc	0,488 d	0,152 bc
C.V. (%)	10,4	19,2	20,8

Médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Assim como na massa seca da parte aérea, o genótipo que apresentou maior massa seca de raiz foi o híbrido Avaxi, não diferindo dos genótipos BRA 1455 e "BRS Querência", os quais apresentaram, na média, valores aproximadamente 50%

maiores de massa seca de raiz que os demais genótipos (Tab.1). Baptista et al., (2000) estudando dois genótipos de arroz (Agulha e Bico Ganga), também encontraram diferenças entre estes tanto para a produção de massa seca da parte aérea quanto para a produção de massa seca de raiz. Da mesma forma, também foram observadas diferenças significativas no peso de massa seca de raiz entre genótipos de soja (OLIVEIRA & MIELNICZUK, 1978).

As diferenças na massa seca de raiz e parte aérea entre genótipos, se refletiram em variações na relação massa seca de raiz / massa seca da parte aérea, caracterizando mais uma vez as diferenças existentes entre os genótipos de arroz quanto a parâmetros de crescimento das plantas (Tab. 1). Horn et al., (2006) estudando parâmetros morfológicos em cultivares de milho com variabilidade contrastante, verificou variação na relação massa seca da raiz/ massa seca parte aérea entre os genótipos. Baptista et al., (2000), estudando cultivares de arroz (Agulha e Bico Ganga), também encontrou comportamento distinto dos cultivares em relação à massa seca de raiz / massa seca da parte aérea, quando submetidas a ambientes com escassez de nitrogênio. Este parâmetro se mostra bastante importante na investigação de possíveis diferenças entre cultivares de arroz em relação à absorção de potássio, e outros nutrientes. Uma maior razão raiz/parte aérea reflete a capacidade genética de algumas plantas em desenvolver um sistema radicular adaptado a condições de estresse ou com características favoráveis a maior absorção de água e de sais minerais (CLARK, 1977), evidenciando que a absorção e utilização de um dado elemento não depende apenas dos parâmetros fisiológicos, mas também de parâmetros morfológicos.

No que se refere à morfologia radicular dos genótipos estudados, o híbrido Avaxi apresentou comprimento radicular 25% maior que o genótipo CNA 10757, do qual não diferiu, e no mínimo o dobro do restante dos genótipos, sugerindo que este genótipo pode ser mais eficiente na absorção de nutrientes que os demais, uma vez que apresenta também uma das maiores áreas radiculares (Tab. 2). Considerando-se um maior comprimento do sistema radicular um indicador de uma maior exploração do solo, genótipos com maior comprimento radicular garantiriam maior absorção de nutrientes presentes em horizontes mais profundos do solo. (CLARKSON, 1985; ALVES et al., 2002; RAPER & BARBER, 1970).

Um maior raio médio de raízes indica raízes mais grossas que, se associadas a um maior comprimento, podem resultar em uma maior área radicular

para a absorção. O genótipo CNA 10757 e o híbrido Avaxi, embora apresentassem raízes mais finas (menor raio), resultaram em áreas radiculares elevadas, por terem apresentado os maiores comprimentos radiculares. Nos demais genótipos observou-se que, apesar de apresentarem diferenças significativas no raio de raiz, as mesmas resultaram em diferenças não significativas entre suas áreas, as quais refletiram a mesma tendência observada para o comprimento de raízes. Isto sugere que o parâmetro comprimento de raiz foi mais determinante para a área radicular.

Tabela 2: Comprimento (L), raio médio (r) e área (AR) radicular de 11 cultivares de arroz. Média de três repetições.

Cultivar	L	R	AR
	----- cm -----	----- x10 ⁻² cm -----	----- cm ² -----
Avaxi	16539 a	1,62 bc	1366 a
BRA 1024	7215 b	1,97 abc	862 b
BRA 1073	5662 b	2,47 a	815 b
BRA 1455	6419 b	2,24 ab	846 b
BRS Atalanta	7043 b	2,03 abc	676 b
BRS Bojuru	6045 b	2,17 ab	751 b
BRS Fronteira	8870 b	1,62 bc	897 ab
BRS Querência	7355 b	2,44 a	1104 ab
CNA 10754	6412 b	2,27 ab	914 ab
CNA 10756	7357 b	1,60 bc	700 b
CNA 10757	13202 ab	1,41 c	1155 ab
C.V. (%)	50,1	18,9	28,4

Médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

A área de raízes é importante principalmente para a absorção dos nutrientes que se deslocam pelo mecanismo de difusão, como o potássio (VILELA & ANGHINONI, 1984). No presente trabalho, excluindo-se o genótipo CNA 10756, observou-se para os demais uma relação significativa a 1% entre a área radicular e o conteúdo de potássio na parte aérea ($r = 0,884$), assim como correlações positivas entre massa seca da parte aérea e os parâmetros radiculares área e comprimento, as quais apresentaram nível de significância de 1% ($r = 0,925$) e 5% ($r = 0,784$), respectivamente, mostrando que a capacidade de absorção foi afetada pelo crescimento da planta como um todo, parte aérea e raízes: maior crescimento da parte aérea, maior superfície radicular e maior absorção de K (Fig. 4).

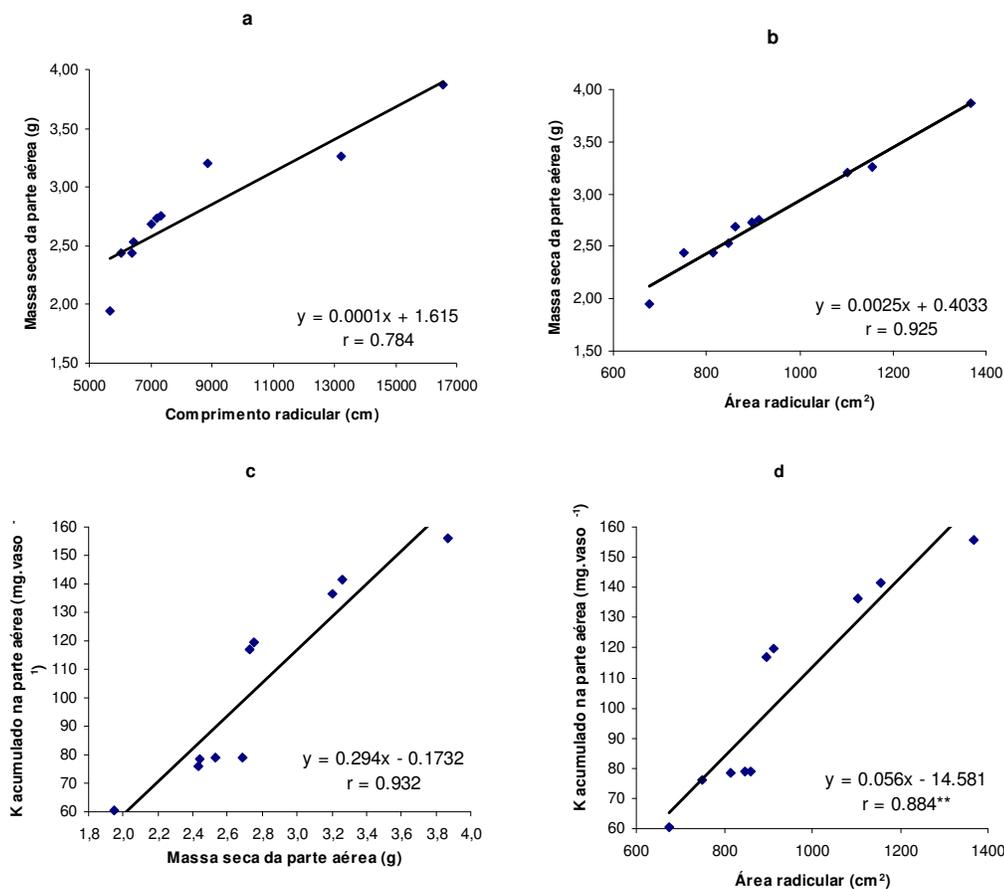


Figura 4 - Correlações entre massa seca da parte aérea e comprimento de raiz (a); massa seca da parte aérea e área radicular (b); K acumulado na parte aérea e massa seca da parte aérea (c) e K acumulado na parte aérea e área radicular (d) de 10 cultivares de arroz irrigado.

Resultados semelhantes aos do presente trabalho foram obtidos por Abichequer (2004) que observou para cinco cultivares de arroz no estágio V8, correlações significativas entre comprimento de raízes e conteúdo de P ($r = 0,676$) e K ($r = 0,634$) na parte aérea. Também Baptista et al., (2000) observaram para duas cultivares de arroz, uma maior absorção de N-total naquela com maior área radicular. Silva et al.(1991) estudando parâmetros de solo e planta que afetam a absorção de potássio, através de simulação por modelo matemático em dois tipos de solo, observaram que a área superficial de raiz foi o parâmetro mais sensível, devido o aumento da absorção de K com a simulação de variação de raio médio e a taxa de crescimento radicular. Da mesma forma, a superfície de raiz teve grande efeito quando testado em modelo para estimar a absorção de fósforo em tomateiro refletindo os aumentos do raio médio, da taxa de crescimento radicular (SILVA & MAGALHÃES, 1989). Diferenças entre genótipos de diversas culturas, como soja,

milho, arroz no tocante as características morfológicas de raiz foram reportados por vários autores como Anghinoni et al., 1989; Horn et al., 2006; Oliveira & Mielniczuk, 1978; Alves et al., 2002; França et al., 1999)

A concentração de potássio na parte aérea das plantas variou de 29,4 a 43,8 g.kg⁻¹ separando as cultivares em dois grupos distintos, com teores médios de potássio de 42 g.kg⁻¹ e 31 g.kg⁻¹, respectivamente (Tab.3).

Tabela 3: Teores de potássio (K) na parte aérea e potássio acumulado (Kacum) de 11 cultivares de arroz. Média de três repetições.

Cultivar	K parte aérea	K acum
	----- g. Kg ⁻¹ -----	----- g vaso ⁻¹ -----
Avaxi	40,22 a	155,84 a
BRA 1024	42,43 a	116,95 b
BRA 1073	29,42 b	79,07 c
BRA 1455	31,16 b	79,06 c
BRS Atalanta	32,06 b	78,28 c
BRS Bojuru	31,16 b	60,35 c
BRS Fronteira	31,38 b	76,22 c
BRS Querência	43,22 a	141,57 ab
CNA 10754	43,75 a	119,65 b
CNA 10756	41,98 a	159,33 a
CNA 10757	42,60 a	136,33 ab
C.V. (%)	6,79	13,97

Médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Apesar destas diferenças entre os genótipos, pode-se considerar que o estado nutricional das plantas estava adequado, pois segundo Walsh & Beaton (1973), Reuter & Robinson (1997), a faixa de suficiência de potássio na parte aérea de plantas de arroz irrigado na metade do perfilhamento (V6 e V7) é de 24,9 a 42,5 g.Kg⁻¹. De certa forma este resultado era esperado, uma vez que as plantas foram cultivadas em solução nutritiva completa, a qual foi renovada semanalmente para que não faltasse nutriente. Resultados semelhantes foram reportados por Gargantini & Blanco (1965) no estudo da marcha de absorção de nutrientes essenciais pela cultura do arroz, onde plantas entre 30 e 40 dias apresentaram teores de potássio na parte aérea entre 30,1 e 49,4 g.Kg⁻¹.

O grupo de genótipos com a maior concentração de potássio no tecido vegetal apresentou também as maiores quantidades de K absorvido pela parte aérea, sendo o híbrido Avaxi e o genótipo CNA 10756 os que apresentaram os maiores valores de K absorvido, diferenciando-se, entre os genótipos deste grupo, apenas do CNA 10754. Os outros genótipos, com menor concentração de potássio no tecido vegetal, seguiram a mesma tendência, ou seja, foram os que absorveram as menores quantidades de potássio. O maior acúmulo de potássio pelos genótipos 'Avaxi', 'BRS Querência', CNA10756 e CNA 10757, pode ser justificado pelo fato destes genótipos terem apresentados os maiores valores de massa seca da parte aérea (Tab. 1) e também maior comprimento e área de raiz (Tab. 2), evidenciando que genótipos com maior desenvolvimento, tanto da parte aérea quanto da raiz, poderão absorver uma maior quantidade de nutrientes.

No trabalho de Baptista et al., (2000) comportamento semelhantes em relação ao crescimento radicular e absorção de nutriente em cultivares de arroz pôde ser observado, onde a cultivar que apresentou a maior área radicular, foi a que apresentou a maior teor de N-total na parte aérea e maior massa seca. No entanto, em outro estudo com duas cultivares de arroz (IAC 4440 e Comum Branco), em relação ao desenvolvimento radicular e influxo de nitrogênio, foi observado que uma maior produção de massa seca da parte aérea não influenciou na absorção total de N pelas plantas (FRANÇA et al., 1999).

b) PARÂMETROS CINÉTICOS

Os valores dos parâmetros cinéticos ($I_{máx}$, K_m , $C_{mín}$ e o poder de absorção) e a taxa de absorção variaram entre os genótipos estudados (Tab.4). Variações estas, igualmente encontradas por autores no estudo das culturas do milho (NIELSEN & BARBER, 1978; BALIGAR & BARBER, 1979; ANGHINONI et al., 1989; ALVES et al., 2002; COSTA, 2000; HORN et al., 2006; SILVA et al., 1991), alface (COMETTI et al., 2000), arroz (BAPTISTA et al., 2002; FRANÇA et al., 1999) e soja (OLIVEIRA & MIELNICZUK, 1978).

Tabela 4: Parâmetros cinéticos - $I_{m\acute{a}x}$, K_m , $C_{m\acute{i}n}$ e poder de absorção ($\alpha = I_{m\acute{a}x}/K_m$) de 11 cultivares de arroz. Média de três repetições.

Cultivar	$I_{m\acute{a}x}$	K_m	$C_{m\acute{i}n}$	α
	--- $\mu\text{mol.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ---	----- $\mu\text{mol.L}^{-1}$ -----		
Avaxi	36,36 b	8,13 b	1,05 ab	4,61 cd
BRA 1024	41,53 b	6,77 b	1,08 ab	6,43 abc
BRA 1073	43,51 b	7,66 b	1,54 ab	5,72 abcd
BRA 1455	40,75 b	20,17 a	1,89 a	2,14 e
BRS Atalanta	66,42 a	20,39 a	0,92 b	3,32 de
BRS Bojuru	36,89 b	4,61 b	1,20 ab	7,97 ab
BRS Fronteira	34,07 b	5,65 b	1,25 ab	6,34 abc
BRS Querência	42,14 b	8,56 b	0,90 b	4,92 cd
CNA 10754	42,62 b	8,34 b	1,42 ab	5,37 bcd
CNA 10756	36,96 b	4,71 b	0,97 ab	8,10 a
CNA 10757	35,42 b	7,83 b	1,17 ab	4,52 cd
C.V. (%)	16,22	32,65	43,12	25,01

Médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Considerando que o $I_{m\acute{a}x}$ é definido como o produto do número de carregadores por unidade de superfície de membrana pela velocidade de funcionamento dos mesmos (EPSTEIN, 1975), a cultivar BRS Atalanta, que apresentou o maior $I_{m\acute{a}x}$ (Tab. 4), obteve uma saturação dos sítios de absorção maior que os demais genótipos, indicando que esta cultivar teria uma alta eficiência de absorção de potássio em relação às demais que apresentaram valores mais baixos de $I_{m\acute{a}x}$ o que, segundo Anghinoni et al., (1989), são indicativos de menor eficiência de absorção.

Resultados semelhantes foram encontrados por Baptista et al., (2000) em duas cultivares de arroz (Aguilha e Bico Ganga), onde a cultivar que apresentou valores menores de $I_{m\acute{a}x}$, foi considerada menos eficiente na absorção de nutrientes que a outra cultivar, constatando que em mesmas condições de adubação, cultivares da mesma espécie podem apresentar comportamento completamente distintos. Também Horn et al., (2006), no estudo dos parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em três cultivares de milho com variabilidade genética contrastante, observaram diferenças entre $I_{m\acute{a}x}$. Por outro lado, não foram encontradas diferenças na velocidade máxima de absorção, entre três cultivares de soja (OLIVEIRA & MIELNICZUK, 1978).

O K_m foi superior nos genótipos BRA 1455 e na cultivar BRS Atalanta (Tab. 4), o que sugere ser estas cultivares menos eficientes na absorção de potássio, uma vez que este parâmetro indica a concentração em que metade da velocidade máxima de absorção é atingida, ou seja, quanto maior o K_m , menor a afinidade do elemento com o carregador. Por outro lado, os demais genótipos que apresentaram menor K_m teriam uma maior capacidade de absorver nutrientes em baixas concentrações.

Ao contrário do encontrado neste trabalho, Vahl et al., (1993) não observaram diferenças nos valores de K_m para potássio entre cultivares de arroz irrigado. Entretanto Anghinoni et al., (1989) e Baptista et al., (2000), observaram essa diferença entre cultivares de arroz, para potássio e nitrogênio, respectivamente. A variação nos valores de K_m obtidos por estes autores, para potássio, embora com outros genótipos de arroz, foi similar aos valores encontrados neste trabalho.

Os valores de C_{min} variaram de $0.90 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $1.89 \mu\text{mol L}^{-1}$, apresentando diferenças significativas apenas entre o genótipo BRA 1455 e as cultivares BRS Atalanta e BRS Querência. Os menores valores para C_{min} destas duas cultivares em comparação BRA 1455, significa que estas estariam mais adaptadas a ambientes com menor disponibilidade de potássio. Resultado semelhante foi obtido por Baptista et al., (2000), onde a cultivar que apresentou os menores valores de C_{min} foi considerada mais adaptada a ambientes adversos que a outra que apresentou valores menores. Vahl et al., (1993) não observaram diferenças entre cultivares de arroz irrigado quando os valores de C_{min} .

Para uma melhor interpretação destes parâmetros torna-se interessante uma avaliação conjunta dos mesmos, procurando associar, para uma mesma cultivar, características desejáveis para altas taxas de absorção. O poder de absorção (α), dado pela razão entre $I_{máx}$ e K_m , reflete o efeito conjunto destes dois fatores, ou seja, quanto maior o $I_{máx}$ e menor o K_m , maior será o poder de absorção por unidade de massa de raiz. O genótipo CNA 10756 obteve maior valor absoluto de α , não diferindo, dos genótipos 'BRS Bojuru', BRA 1024, 'BRS Fronteira' e BRA 1073 indicando que tais genótipos teriam uma melhor capacidade de absorver potássio que os demais genótipos, em condições de baixa disponibilidade deste nutriente. O genótipo BRA 1455 apresentou o menor poder de absorção, não diferindo apenas da cultivar BRS Atalanta, sugerindo que estes teriam a menor capacidade de absorção de K nas mesmas condições. Este comportamento diferenciado entre as

cultivares pode ser explicado mais pela variação do K_m do que do $I_{m\acute{a}x}$, uma vez que os valores de $I_{m\acute{a}x}$, excetuando-se a cultivar BRS Atalanta, foram similares para os demais genótipos testados. (Tab. 4).

Os valores de $I_{m\acute{a}x}$, K_m e C_{min} (Tab. 4) colocados na equação de Michaelis-Menten modificada por Claassen & Barber (1974), originaram as taxas de absorção de potássio (Influxo) em função de sua concentração na solução (Fig. 5). Para concentrações de K na solução acima de 20 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, a cultivar BRS Atalanta, foi o genótipo que se destacou em relação aos outros apresentando a maior taxa de absorção, provavelmente decorrente do seu alto valor de $I_{m\acute{a}x}$. Os genótipos BRA 1024, BRA 1073, 'BRS Querência', 'BRS Bojuru', CNA 10756 e CNA 10754, apresentaram comportamento similar entre si, com uma taxa de absorção intermediária e, os demais genótipos compuseram um terceiro grupo, com menor capacidade de absorção (Fig. 5). Em concentrações menores de K na solução, observa-se que há uma inversão de alguns genótipos, sendo que a cultivar BRS Atalanta não foi o genótipo com maior poder de absorção, sendo superada pelos genótipos 'BRS Bojuru', CNA 10756, BRA 1024 e BRA 1073. Isto pode ser explicado pelo fato desta cultivar apresentar um alto valor de K_m , que a torna menos eficiente para a absorção de potássio em baixas concentrações.

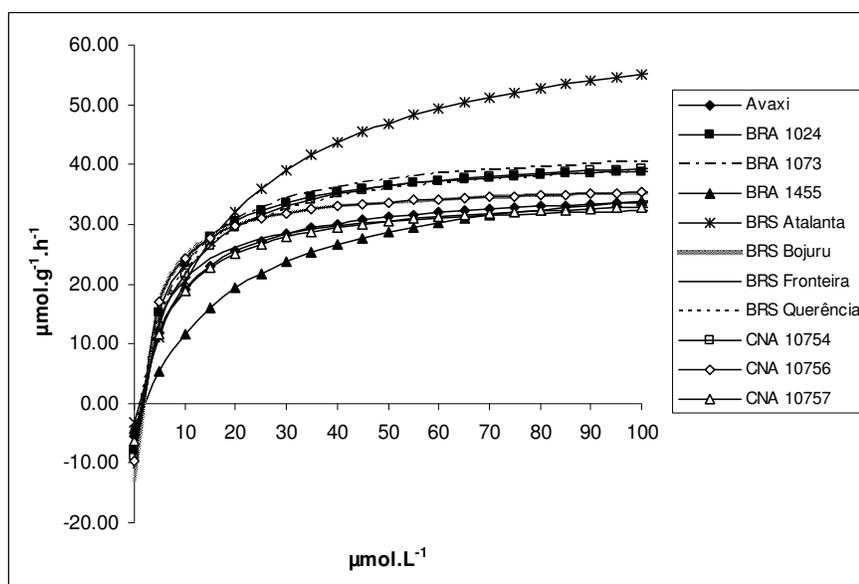


Figura 5: Influxo (taxa de absorção) de onze cultivares de arroz.

Como o influxo representa a taxa de absorção por unidade de raiz, na aquisição de uma dada quantidade de nutriente, o influxo radicular de uma espécie ou variedade quando baixo, pode ser compensado pelo maior desenvolvimento de seu sistema radicular. Para as taxas de absorção dos diferentes genótipos, calculadas em uma concentração fixa de potássio na solução, por exemplo $90\mu\text{mol.L}^{-1}$, foi estimada a absorção total de potássio pelas plantas (Tab. 5), levando em conta a produção de massa seca de raiz (Tab. 1).

Tabela 5: Taxa de absorção de K e potássio absorvido (K_{abs}) por vaso, estimados para uma concentração na solução de $90\mu\text{mol.L}^{-1}$ de K, em 11 cultivares de arroz. Média de três repetições.

Cultivar	Taxa de absorção de K	K_{abs} /vaso
	----- $\mu\text{mol.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$ -----	----- $\mu\text{mol.h}^{-1}.\text{vaso}^{-1}$ -----
Avaxi	33,32	32,08
BRA 1024	38,59	21,94
BRA 1073	40,04	26,09
BRA 1455	33,13	26,92
BRS Atalanta	54,05	30,52
BRS Bojuru	35,07	14,96
BRS Fronteira	32,03	20,14
BRS Querência	38,45	29,22
CNA 10754	38,95	23,10
CNA 10756	35,10	17,06
CNA 10757	32,55	15,87

Entre os genótipos, o híbrido Avaxi e a cultivar BRS Querência, com menor influxo, equipararam-se com a cultivar BRS Atalanta, quanto à absorção total de potássio, demonstrando que houve uma compensação pelo maior crescimento de raiz. Da mesma forma, os genótipos BRA 1073 e BRA 1455, com elevados valores de massa seca de raiz, também apresentaram efeito compensatório, resultando num aumento da capacidade absorção de potássio. Resultados semelhantes foram obtidos por França, et al (1999), num estudo de influxo de nitrogênio em duas cultivares de arroz, em que as mesmas não diferiram na quantidade de nitrogênio acumulado, pelo fato de uma ter apresentado crescimento radicular maior que a outra.

A absorção total de potássio calculada levando em consideração as variáveis influxo e massa seca de raiz, para uma concentração fixa de potássio na solução, permitiu rearranjar os grupos de cultivares da seguinte forma: os genótipos com maior absorção de potássio, BRS Atalanta, Avaxi, BRS Querência, BRA 1455 e BRA 1073. No grupo intermediário ficaram os genótipos BRS Fronteira, BRA 1024 e CNA 10754 e no terceiro grupo, os genótipos, CNA 10756, BRA Bojuru e CNA 10757, com menor capacidade para absorção de K.

4 – CONCLUSÕES

A quantidade de potássio absorvido pelos genótipos de arroz irrigado está diretamente relacionada com área e o comprimento radicular e desenvolvimento da parte aérea.

Os parâmetros cinéticos de absorção de potássio, I_{max} , K_m e C_{min} , variaram entre os genótipos resultando em três grupos distintos quanto à taxa de absorção de potássio.

O grupo de maior capacidade de absorção de potássio é formado pelos genótipos BRS Atalanta, BRS Querência, Avaxi, BRA 1073 e BRA 1455. O principal parâmetro cinético responsável pela maior capacidade de absorção de potássio pela cultivar BRS Atalanta é o I_{max} . O crescimento radicular, dos genótipos Avaxi, BRS Querência, BRA 1073 e BRA 1455, compensou a menor taxa de absorção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICHEQUER, A.D. **Morfologia e distribuição de raízes de arroz irrigado por inundação e sua relação com a absorção de nutrientes e o rendimento de grãos** - (tese de doutorado em ciência do solo). 56 p. Porto Alegre, 2004

ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy**, v. 16, p. 139-178, 1964.

ALVES, V.M.C.; PARENTONI, S.N.; VASCONCELLOS, C.A.; PITTA, G.V.E.; FRANÇA, C.C.M. Cinética de absorção de fósforo e crescimento do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para a eficiência a fósforo. **Revista Brasileira Milho e Sorgo**, v1, n°1, p. 85-92, 2002.

ANGHINONI, I.; BARBER, S.A. Phosphorusinflux and growth characteristics of corn roots as influenced by phosphorus supply. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.685 - 688, 1980.

ANGHINONI, I.; VOLKART, C.R.; FATTORE, N.; ERNANI, P.R. Morfologia de raízes e cinética da absorção de nutrientes em diversas espécies e cultivares de plantas. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v.13, n.3, p.355-361, set./dez. 1989.

AZAMBUJA, I.H.V.; VERNETTI JUNIOR, F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. Aspectos sócioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M., **Eds. Técnicos Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.23-44.

AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. 2000. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 4 (2):165-171.

AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N.; ENEAS-FILHO, J.; LACERDA, C.F.; SILVA, J.V.; COSTA, P.H.C; GOMES FILHO, E. 2004. Effects salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. **Brazilian Journal Plant Physiology**. 16 (1):31-38.

BALIGAR, V.C.; BARBER,S.A. Genotypes differences of corn for ion uptake. **Agronomy journal**, 71: 870-873, 1979.

BAPTISTA, J.A.; FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. Cinética de absorção de amônio e crescimento radicular das cultivares de arroz Agulha e Bico Ganga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n° 7, p. 1325-1330, julho 2000.

BERNSTEIN, L. Tolerance of plants to salinity. **Proceedings of American Society of Civil Eng.**, v. 87, p. 1-12, 1961.

CAMBRAIA, J. Aspectos bioquímicos, celulares e fisiológicos dos estresses nutricionais em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.; ARAÚJO, E.L; WILLADINO, L.G; CAVALCANTE, U.M. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, v. 1, p. 95-105, 2005. 500 p.

CARADUS, J.R. Root growth of white clover (*Trifolium repens* L.) lines in glass-fronted containers. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v.24, p.43-54, 1981.

CARMONA, F.C.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; HOLZSCHUH, M.J.; FRAGA, T.I. Estabelecimento do arroz e absorção de cátions em função do manejo da adubação potássica e do nível de salinidade no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 33: 371-383, 2009.

CASTILHOS, R.M.V. **Suprimento de potássio em solos cultivados com arroz irrigado e sua relação com mineralogia, formas e cinética de absorção**. Porto alegre, 1999. 175f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, 1999.

CHEESEMAN, J.M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiology**, n. 87, p. 547, 1988.

CLAASSEN, N.; BARBER, S. A. A method for characterizing the relation between nutrient concentration e flux into roots of intact plants, **Plant Physiology**, n. 54, p. 568, 1974

CLAK, R.B. Effect of aluminum on growth and mineral elements of Al-tolerant and Al-intolerant corn. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.47, n° 3, p. 653-662, Aug. 1977.

CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrientes acquisition by plants. **Annual Review of plants Physiology**, Pato Alto, v.36, p.77-115, 1985.

COMETTI, Nilton Nélio ; FERNANDES, Manlio Silvestre ; MATIAS, Gean Carlos Silma . Cinética de absorção de nitrato e Potássio por alface em Sistema Hidropônico. In: Fertbio2000, 2000, Santa Maria. **Resumo em anais e completo em CD**, 2000. v. 1. p. 178-178.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBRS-NRS/EMBRAPA-CNPT, 2004, 400 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira: grãos Safra 2008/2009. Nono Levantamento. Junho/2009. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9graos_08.09.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2009.

COSTA, C.N.; CASTILHOS, R.M.V.; VAHL, L.C.; KONRAD, E.E.; PASSIONATO, C.C. Efeitos do alumínio na morfologia de raízes e cinética de absorção de potássio em milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v6. n°3, 251-253, set-dez 2000.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, p. 436-443, 2000.

CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, 21: 675-692.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Cultivares de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado indicadas para o cultivo no Rio Grande do Sul. Pelotas, RS, 2002. (Fôlder).

ENNOS, R.A. The significance of genetic variation for root growth within a natural population of white clover (*Trifolium repens* L.). **Journal of Ecology**, Oxford, v.73, p.615-624, 1985.

EPAGRI, Reunião da cultura do Arroz Irrigado, 22, 1997, Balneário Camboriú/SC. Anais ...; MACHADO, M. O.; TERRES, A.L., FAGUNDES, P.R.R., **Melhoramento do arroz irrigado na Embrapa - CPACT:9. - Tolerância de Genótipos a salinidade do solo** - safras 1995/96 e 1996/97.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: editora da Universidade de São Paulo, 1975, 341 p.

FAGERIA, N. K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v. 88, p. 237-243, 1985.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M P.; GHEYI, H. R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, n. 5, p. 677-681, 1981.

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

FAGERIA, N.K. Tolerance of rice cultivars to salinity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.281- 288, 1991.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2.ed. New York : M. Dekker, 1997. 624p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. **Screening crop genotypes for mineral stresses**. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES, 1993, Lincoln. Proceedings... Lincoln: University of Nebraska, 1993. p.142- 159.

FAGERIA, N.K.; GHEYI, H.R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: Gheyi, H.R.; Queiroz; J.E.; Medeiros, J.M (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA., 1997. p.363-383.

FAO/UNESCO. **Irrigation, drainage and salinity**. An international sourcebook. Paris: Hutchison. 1973. 510p

FERREIRA, L.H.G.; CASTILHOS, R.M.V; GOMES, A.S; SOUSA, R.O. Substituição de potássio pelo sódio em cultivares de arroz irrigado com diferentes graus de tolerância à salinidade. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 3 e Reunião da cultura do Arroz Irrigado,25. Balneário Camburiú, SC. 2003. Anais. Itajaí: Epagri, 2003, pg 285-287.

FONTES, P.R.; BARBER, S.A. Crescimento do sistema radicular e cinética de absorção de fósforo pelo tomateiro, afetados por concentração de fósforo na solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n 10, p.1203 -1210, out. 1984.

FRANÇA, M.G.C.; ROSSIELLO, R.O.P.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A.P.; RAMOS, F.T. Desenvolvimento redicular e influxo de nitrogênio em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n.10, p.1845-1853, 1999.

- GARCIA, G.O.; FERREIRA, P.A.; MIRANDA, G.V.; NEVES, J.C.L.; MORAES, W.B.; SANTOS, D.B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **IDESIA** (Chile) v.25, Nº 3, p. 93-19036. Septiembre - Diciembre 2007.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura de arroz – **Boletim científico do instituto agrônomo do Estado de São Paulo**. Bragantia, v24, nº 38, p. 515-528, Campinas, 1965.
- GLASS, A.D.M.; PERLEY, J.E. Varietal differences in potassium uptake by barley. **Plant Physiology**, Rockville, v.65, p.160- 164, 1980.
- GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; VERNETTI JUNIOR, F. de J. ; SOUSA, R. O. de. Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 349-386.
- GRATTAN, S. R.; ZENG, L.; SHANNON, M. C.; ROBERTS, S. R. Rice is more sensitive to salinity than previously thought. **California Agriculture**, v. 56, p. 189-195, 2002.
- GURGEL, M.T.; MEDEIROS, J.F.; NOBRE, R.G.; NETO, F.C.; SILVA, F.V. Evolução da salinidade no solo sob cultivo de melão irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista de Biologia e Ciências da terra**, v.3, nº2, p. 2003.
- HORN,D.; ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; CASSOL, P. C. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidades contrastantes – In: seção IV – Fertilidade do solo e nutrição de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30: 77-88, 2006.
- KAWASAKI, T.; AKIBA, T.; MORITSUGU, M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants: I. Water culture experiments in a greenhouse. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.75, p.75-85, 1983.
- KELLEY, W.P. Use of saline irrigation water. **Soil Science**, Baltimor, v.95, p.385-391, 1963.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. ed RiMa Artes e Textos, São Carlos, 531 p. 2000

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E (1990). Plant responses to saline and sodic conditions. *In*: TANJI, K. K. (ed), **Agricultural salinity assessment and management**. New York: American Society of Civil Engineers. Chap. 6, p. 113-137.

MACHADO, A.A. **Sistema de análise estatística para windows (Winstat)**. Universidade Federal de Pelotas, 2001.

MACHADO, M. O. Identificação de genótipos de arroz tolerantes à salinidade do solo – 1986/87 a 1990/91. *In*: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 160-164.

MACHADO, M. O. ; GOMES, A. da S.; DIAS, A. D.; VAHL, L. C.; PAULETTO, E. A. Identificação de genótipos de arroz tolerantes à salinidade. *In*: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16., 1987, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1987. p. 114-127.

MACHADO, M. O. ; NACHTIGALL, G. R.; GOMES, A. da S.; TERRES, A. L.; DIAS, A. D. Identificação de genótipos de arroz tolerantes à salinidade do solo – 1987/88. *In*: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., 1988, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1988. p. 191-198.

MACHADO, M. O.; NACHTIGALL, G. R.; GONÇALVES, A. R.; DIAS, A. D.; GOMES, A. da S.; TERRES, A. L. Identificação de genótipos de arroz, tolerantes à salinidade da água de irrigação: do início da diferenciação da panícula à maturidade (1987-88). *In*: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., 1988, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1988. p. 199-207.

MACHADO, M. O.; NACHTIGALL, G. R.; TERRES, A. L. Identificação de genótipos de arroz tolerantes à salinidade do solo – 1988/89. *In*: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., 1989, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1989. p. 284-295.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L. Avaliação de genótipos de arroz irrigado para tolerância à salinidade do solo – 1986/87 a 1992/93. *In*: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 88-90. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 1).

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L. Avaliação de genótipos de arroz para tolerância à salinidade da água de irrigação: do início da diferenciação da panícula à maturidade - 1986/87 a 1992/93. *In*: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20.,

1993, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 91-93. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 1).

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L. Melhoramento genético de arroz irrigado na EMBRAPA-CPACT: IX.- Tolerância de genótipos à salinidade do solo - safra 1994/95. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 48-53.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L.; FAGUNDES, P. R. R. Melhoramento do arroz irrigado na EMBRAPA-CPACT: 9. Tolerância de genótipos à salinidade da água de irrigação, do início da diferenciação da panícula à maturidade - safras 1995/96 e 1996/97. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 62-65.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L.; FAGUNDES, P. R. R. Melhoramento do arroz irrigado na EMBRAPA-CPACT: 8. Tolerância de genótipos à salinidade do solo - safras 1995/96 e 1996/97. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 66-69.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L.; FAGUNDES, P. R. R. Melhoramento genético do arroz irrigado na Embrapa Clima Temperado: 8. Tolerância de genótipos à salinidade da água de irrigação, do início da diferenciação da panícula à maturidade - safras 1997/98 e 1998/99. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 103-106.

MACHADO, M. O.; TERRES, A. L.; RIBEIRO, A. S. Identificação de genótipos de arroz, tolerantes à salinidade da água de irrigação: do início da diferenciação da panícula à maturidade – 1986/87 a 1990/91. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 165-168.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MARSHENER, H. 1971. Why can sodium replace potassium in plants? In: Potassium in Biochemistry and Physiology. Proceedings of the 8th Colloquium of the International Potash Institute, Bern, p.50-63.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2a ed. London: Academic Press Inc., 1995. 889 p.
- MASS, E. V.; NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. In: JUNG, G. A. (ed.). **Crop tolerance to suboptimal land conditions**. Madison: [s.n.], 1978. p. 277-299. (American Society of Agronomy Publication, 32).
- MASS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainagem Division**, New York, v. 103, p. 115-134, 1977.
- MELO, P.C.S.; FILHO, C.J.A.; OLIVEIRA, F.J.; BASTOS, G.Q.; TABOSA, J.N.; SANTOS, F. Seleção de genótipos de arroz tolerantes à salinidade durante a fase vegetativa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.58-64, jan-fev, 2006
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. Potassium. In: **PRINCIPLES of Plant Nutrition**, Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MEURER, E.M; CASTILHOS, R.M.V; Disponibilidade de potássio em solos do RS, cultivados com arroz irrigado, em duas condições de umidade. FERTBIO 2000 (CD ROOM)
- MIRANDA, J.R.P. **Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de Cajueiro Anão-Precoce (*Anacardium occidentale* L.) e de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 186 p. (Tese de doutorado).
- NIELSEN, N.E. & BARBER, S.A. Differences among genotypes of corn in the kinetics of P uptake. **Agron. J.**, 70:695-698, 1978.
- OLIVEIRA, R.F.; MIELNICZUK, J. – Caracterização de três cultivares de soja (*Glycine Max*(L) MERRIL) quanto à eficiência de absorção e utilização de K⁺. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, 14(2): 251 – 260, 1978.
- OLIVEIRA.S.; ZENZEN, I.L.; SIMIONI, S.B. Efeito da salinidade na germinação de sementes de arroz (*Oryza sativa*, L.) cv. IRGA 417 sob concentrações crescentes de NaCl. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2007. Pelotas, RS **Anais...v. I**, p. 327-329.
- PEARSON, G.A. & BERNSTEIN, L. Salinity effects of several growth stages of rice. **Agronomy Journa**, Madison, 51:654-657,1959.
- PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. Madrid: **Agrícola Española**, 1985. 528p.

PONNAMPERUMA, F.N. **Screening rice for tolerance to mineral stresses**. Los Baños: IRRI, 1977. 21 p. (IRRI. Paper series, 6.).

RAPER, C.D.; BARBER, S.A. Rooting system of soybeans. II – Physiological effectiveness as nutrient absorption surfaces. **Agronomy journal**, Madison, 62(5): 585-8, 1970.

REUTER, D.J., ROBINSON, B.J. (ed.): **Plant Analysis: An Interpretation Manual** Publishing, Collingwood 1997. 572 pp.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para a produção agrícola**. In: GHEYI, H.R.; SOUSA, J.R.; QUEIROZ, J.E. Estudos FAO de irrigação e drenagem. Campina Grande: UFPB, p. 40-48, 2000. 117p.

RUIZ, H.A.; FERNANDES FILHO, E.I. **Cinética: software para estimar as constantes $V_{máx}$, K_m da equação de Michaelis-Menten**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992. Piracicaba. Anais de simpósios. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 124-125. (série Técnico-científica, 180).

SALTO de produtividade do arroz irrigado permitirá que o Brasil colha 5,7% mais na safra 2007/08 em relação ao período anterior. **Anuário Brasileiro do Arroz**, Santa Cruz do Sul, p. 10-11, 2008.

SANES, F.S.M.; CASTILHOS, R.M.V.; SCIVITTARO, W.B. Substituição parcial de potássio por sódio por cultivares de arroz irrigado. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2006, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, 2006.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M.; FRANCOIS, L.E. Whole-plant response to salinity. In: **Plant environmental interactions**. Wilkinson E.R. ed. 1994. cap. 7, p.199-244. SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M.; HSIAO, A.I.; NINJAS, A.N. Genetic differences among wild oat lines in potassium uptake and growth in relation to potassium supply. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.99, p.93-106, 1987.

SILVA, F.L.I.M.; MAGALHÃES, J.R. Análise de sensibilidade dos parâmetros utilizados na simulação de absorção de fósforo pelo tomateiro, com o modelo matemático de Cushman-Barber. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.315-320, 1989.

SILVA, F.L.I.M.; MAGALHÃES, J.R.; BARBER, S.A. Absorção de potássio por milho doce predita por simulação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 26(3): 431-438, março, 1991.

SIMIONI, S.B.; ZENZEN, I.L.; OLIVEIRA.S. Influência de diferentes concentrações salinas sobre a germinação de arroz (*Oryza sativa*, L.) cv. IRGA 422 CL. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2007. Pelotas, RS **Anais...** v. I, p. 330-332.

SOSBAI - Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. V Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, XXVII Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, Pelotas. 154p. 2007.

STEINGROBE, B.; SHENK, M.K. Simulation of the maximum nitrate inflow (Imáx) of lettuce (*Lactuca sativa*,L.) grown under fluctuating climatic conditions in the greenhouse. In: BARROW, N.J. (Ed). **Plant nutrition from genetic engineering to field practice**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. p. 177-180.

STEINMETZ, S. Influência do clima na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de, Ed. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, **S.J.** **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, RS: Departamento de solos, UFRGS, 1995. 174p.

TENNANT, A. **A test of modified line intersect method of estimating root length**. J. Appl.Ecol., London, v.63, n.6, p.995-1001, 1975.

VAHL, L. C.; ANGHINONI, I.; VOLKWEISS, S. J. Cinética de absorção de potássio afetada por ferro, cálcio e magnésio em genótipos de arroz de diferentes sensibilidades à toxicidade de ferro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 17, p 269-273, 1993.

- VILELA, L.; ANGHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética da absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, n.8, p. 91-96, 1984.
- WALSH, L. M. & BEATON, J. D. (Ed.) Soil Testing and Plant Analysis, Madison, **Soil Science Society of America**, Inc., 1973. 491 p.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T.R.; SANTOS, M.A.; TORNE, J.M. 1994. Obtenção de uma linhagem de milho tolerante ao estresse salino mediante a cultura de anteras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 30:1313-1318.
- WOODEND, J.J.; GLASS, A.D.M.; PERSON, C.O. Genetic variation under potassium stress. In: GABELMAN, H.W.; LAUGHMAN, B.C., eds. **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p.381-391.
- YEO, A.R.; FLOWERS, T.J. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiol. Plant.* 59, 189-195, 1983.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.
- YOSHIDA, S., CASTANEDA, L. Partial replacement of potassium by sodium in the rice plant under weakly saline conditions. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.15, n.4, p.183-186, 1965.
- ZENG, L.; SHANNON, M. C.; LESH, S. M. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. **Agricultural Water Management**, v. 48, p. 191-206, 2001.
- ZENZEN, I.L.; SIMIONI, S.B.; OLIVEIRA.S. Avaliação da germinação de sementes de arroz (*Oryza sativa*, L.) cv. BRS querência sob diferentes concentrações salinas. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2007. Pelotas, RS **Anais...** v. I, p. 327-329.

APÊNDICES

1- Dados do experimento com aplicação de níveis de salinidade na água de irrigação no cultivo de genótipos de arroz irrigado.

Apêndice 1A : Número de perfilho (nº perfilho / subparcela) de 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipo	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	166	155	142	189	158	186	172	169	167
BRA 1024	120	159	129	157	127	116	108	111	136
BRA 1073	107	145	107	120	117	135	86	111	114
BRA 1455	173	212	209	119	92	108	106	145	132
BRS Atalanta	110	103	145	123	101	117	96	87	92
BRS Bojuru	177	141	155	179	195	200	120	156	146
BRS Fronteira	131	121	108	158	118	139	120	142	128
BRS Querência	107	109	115	94	91	103	97	82	100
CNA 10754	149	141	111	169	152	147	141	111	143
CNA 10756	137	145	175	120	161	152	119	121	117
CNA 10757	116	89	114	116	111	111	107	119	104
Inov	198	176	170	183	197	191	162	130	165

Apêndice 1B : Número de panículas (n° panículas / subparcela) de 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipo	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	140	123	132	158	125	137	161	157	143
BRA 1024	110	149	108	126	86	102	108	87	134
BRA 1073	83	87	87	84	86	111	74	109	103
BRA 1455	73	128	109	92	73	97	93	102	128
BRS Atalanta	79	85	127	117	98	117	74	86	92
BRS Bojuru	168	136	152	167	171	183	119	151	142
BRS Fronteira	70	85	85	115	91	130	95	118	107
BRS Querência	67	104	101	86	60	91	87	82	92
CNA 10754	86	124	102	143	97	91	138	109	136
CNA 10756	81	111	113	86	100	110	116	81	96
CNA 10757	56	80	88	102	69	105	98	107	93
Inov	129	121	140	131	127	118	121	118	144

Apêndice 1C: Relação entre número de panículas e número de perfilhos de 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipo	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	0,84	0,79	0,93	0,84	0,79	0,74	0,94	0,93	0,86
BRA 1024	0,92	0,94	0,84	0,80	0,68	0,88	1,00	0,78	0,99
BRA 1073	0,78	0,60	0,81	0,70	0,74	0,82	0,86	0,98	0,90
BRA 1455	0,42	0,60	0,52	0,77	0,79	0,90	0,88	0,70	0,97
BRS Atalanta	0,72	0,83	0,88	0,95	0,97	1,00	0,77	0,99	1,00
BRS Bojuru	0,95	0,96	0,98	0,93	0,88	0,92	0,99	0,97	0,97
BRS Fronteira	0,53	0,70	0,79	0,73	0,77	0,94	0,79	0,83	0,84
BRS Querência	0,63	0,95	0,88	0,91	0,66	0,88	0,90	1,00	0,92
CNA 10754	0,58	0,88	0,92	0,85	0,64	0,62	0,98	0,98	0,95
CNA 10756	0,59	0,77	0,65	0,72	0,62	0,72	0,97	0,67	0,82
CNA 10757	0,48	0,90	0,77	0,88	0,62	0,95	0,92	0,90	0,89
Inov	0,65	0,69	0,82	0,72	0,64	0,62	0,75	0,91	0,87

Apêndice 1D: Massa seca de colmos e folhas (g / parcela) 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipo	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	190,44	207,87	145,87	227,04	177,93	214,51	164,47	154,65	161,87
BRA 1024	183,66	229,48	194,64	242,06	209,80	197,61	165,22	153,09	206,27
BRA 1073	143,00	245,34	130,05	147,54	175,94	184,32	89,48	137,69	147,07
BRA 1455	222,39	306,55	232,92	208,61	182,86	218,49	176,59	219,77	232,00
BRS Atalanta	151,92	157,35	231,11	177,33	155,61	157,59	134,61	104,50	112,72
BRS Bojuru	165,53	102,66	131,81	132,11	177,38	140,31	70,51	81,46	84,78
BRS Fronteira	287,75	258,23	213,24	272,27	209,69	260,38	183,67	224,46	212,48
BRS Querência	106,06	129,92	111,49	146,34	120,65	147,77	117,07	100,86	121,90
CNA 10754	249,08	234,08	199,15	190,21	193,14	187,28	192,37	137,41	177,17
CNA 10756	217,53	144,79	245,63	176,23	247,53	220,08	173,49	146,99	154,57
CNA 10757	186,95	187,64	223,74	228,41	198,73	210,10	157,08	203,55	182,32
Inov	281,26	210,67	220,25	226,82	271,15	205,16	207,82	157,75	199,97

Apêndice 1E: Massa seca de grãos (g / parcela) 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipo	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	97,55	85,02	87,44	123,38	125,56	88,23	100,42	83,55	97,36
BRA 1024	19,88	43,01	31,67	43,63	36,35	32,19	22,80	14,82	35,50
BRA 1073	53,92	59,35	54,39	80,31	76,30	82,33	40,58	50,39	61,93
BRA 1455	31,98	45,92	32,71	33,45	26,14	35,40	27,80	30,60	32,20
BRS Atalanta	84,28	82,01	102,58	158,55	112,89	132,93	74,82	64,02	99,40
BRS Bojuru	94,71	107,52	108,42	113,36	128,94	157,07	80,39	103,97	91,60
BRS Fronteira	32,27	40,27	39,21	32,07	30,63	39,03	23,62	22,76	19,88
BRS Querência	35,02	43,86	52,07	75,54	56,79	75,55	43,68	45,42	69,32
CNA 10754	28,47	44,81	36,92	56,53	29,85	38,96	37,00	9,35	26,33
CNA 10756	41,55	40,28	56,35	19,37	41,12	32,85	19,16	16,12	15,75
CNA 10757	24,49	28,88	44,17	38,81	29,59	28,64	20,30	23,63	31,99
Inov	102,01	130,78	94,71	88,66	90,32	111,86	97,95	96,21	122,49

Apêndice 1F: Massa seca da parte aérea (g / parcela) 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipo	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	287,99	292,89	233,31	350,42	303,49	302,74	264,89	238,20	259,23
BRA 1024	203,54	272,49	226,31	285,69	246,15	229,80	188,02	167,91	241,77
BRA 1073	196,92	304,69	184,44	227,85	252,24	266,65	130,06	188,08	209,00
BRA 1455	254,37	352,47	265,63	242,06	209,00	253,89	204,39	250,37	264,20
BRS Atalanta	236,20	239,36	333,69	335,88	268,50	290,52	209,43	168,52	212,12
BRS Bojuru	260,24	210,18	240,23	245,47	306,32	297,38	150,90	185,43	176,38
BRS Fronteira	320,02	298,50	252,45	304,34	240,32	299,41	207,29	247,22	232,36
BRS Querência	141,08	173,78	163,56	221,88	177,44	223,32	160,75	146,28	191,22
CNA 10754	277,55	278,89	236,07	246,74	222,99	226,24	229,37	146,76	203,50
CNA 10756	259,08	185,07	301,98	195,60	288,65	252,93	192,65	163,11	170,32
CNA 10757	211,44	216,52	267,91	267,22	228,32	238,74	177,38	227,18	214,31
Inov	383,27	341,45	314,96	315,48	361,47	317,02	305,77	253,96	322,46

Apêndice 1G: Esterilidade de grãos (%) 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipo	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	74,5	84,1	66,3	70,9	71,2	87,7	75,4	85,2	77,5
BRA 1024	83,0	88,9	100,0	59,4	100,0	66,8	100,0	100,0	76,0
BRA 1073	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
BRA 1455	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
BRS Atalanta	87,2	72,3	82,8	63,2	58,0	52,2	74,0	72,7	56,6
BRS Bojuru	61,8	32,5	44,9	46,0	57,0	39,4	56,9	41,4	49,1
BRS Fronteira	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
BRS Querência	100,0	95,6	100,0	78,5	100,0	78,1	100,0	100,0	80,9
CNA 10754	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
CNA 10756	100,0	100,0	86,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
CNA 10757	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Inov	89,9	90,4	78,5	85,0	84,1	71,7	80,4	85,4	66,6

Apêndice 1H: Teor de cálcio (Ca) na parte aérea, em g.Kg⁻¹ de 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipo	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	2,9	2,3	3,4	3,7	4,8	3,3	3,9	2,9	2,9
BRA 1024	3,6	4,4	3,9	3,4	3,4	2,4	2,0	1,9	1,8
BRA 1073	3,6	3,4	3,3	5,4	4,2	3,9	3,8	3,7	2,8
BRA 1455	2,9	4,2	3,6	3,1	3,5	2,8	3,2	3,3	2,7
BRS Atalanta	3,7	3,3	3,3	3,3	3,7	2,9	3,2	3,9	3,4
BRS Bojuru	3,1	4,1	3,1	2,6	3,3	2,9	2,9	2,5	1,1
BRS Fronteira	4,1	3,2	2,9	3,4	3,5	2,5	4,2	3,5	3,5
BRS Querência	3,3	3,4	3,3	3,9	4,3	3,5	3,6	3,8	3,2
CNA 10754	2,9	2,8	3,8	3,6	4,0	2,4	1,6	3,0	3,2
CNA 10756	3,2	3,1	3,7	2,8	2,9	3,5	2,9	2,8	1,8
CNA 10757	3,3	2,4	2,9	3,2	3,3	3,1	3,2	3,5	2,9
Inov	3,1	2,9	2,6	3,5	3,2	3,3	5,6	3,5	4,2

Apêndice 1I: Teor de fósforo (P), na parte aérea, em g.Kg⁻¹ de 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipos	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	2,2	2,2	2,2	1,2	1,4	1,7	2,9	2,5	1,9
BRA 1024	3,3	2,7	2,8	1,8	1,6	2,5	2,9	2,7	2,4
BRA 1073	2,5	2,5	1,5	1,1	2,3	1,6	2,2	3,0	2,2
BRA 1455	2,7	2,8	3,0	2,6	1,8	2,8	2,8	2,9	2,1
BRS Atalanta	1,3	2,0	2,4	1,5	1,3	1,7	1,9	2,0	2,7
BRS Bojuru	3,0	2,0	2,1	1,4	1,7	1,6	1,7	0,8	0,8
BRS Fronteira	1,6	2,8	2,6	1,7	2,5	1,6	3,3	2,2	2,0
BRS Querência	3,1	2,5	3,0	1,3	1,4	1,4	2,1	2,6	2,5
CNA 10754	2,7	2,5	2,6	2,3	1,8	2,2	1,9	2,9	1,8
CNA 10756	3,0	3,1	2,7	2,5	1,8	1,9	3,0	2,8	2,3
CNA 10757	1,9	2,1	2,6	2,7	2,1	2,9	2,7	3,1	2,9
Inov	2,8	2,1	2,2	1,4	1,6	1,5	2,7	2,1	2,2

Apêndice 1J: Teor de magnésio (Mg) na parte aérea, em g.Kg^{-1} de 12 cultivares de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipo	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	2,2	2,1	2,4	2,5	2,6	2,4	2,1	2,9	1,3
BRA 1024	1,7	2,6	2,5	2,7	2,2	2,2	1,5	2,1	2,4
BRA 1073	2,4	2,1	2,2	4,0	2,8	3,0	1,5	1,7	1,7
BRA 1455	2,3	3,1	2,9	2,3	2,3	1,9	1,8	1,6	2,7
BRS Atalanta	3,2	2,4	2,7	2,4	3,2	1,7	1,4	1,6	1,9
BRS Bojuru	2,1	2,0	1,9	2,3	1,8	2,0	2,7	1,9	1,7
BRS Fronteira	2,4	2,0	1,7	2,3	2,4	1,1	2,5	1,8	2,3
BRS Querência	2,4	2,2	2,5	2,9	2,3	1,6	1,6	1,5	1,1
CNA 10754	2,3	2,4	2,7	2,1	3,6	2,5	2,5	1,4	2,6
CNA 10756	2,2	2,6	2,5	2,2	2,3	3,6	1,8	1,5	2,6
CNA 10757	2,1	2,7	2,0	1,8	1,9	1,8	1,6	2,1	2,4
Inov	2,5	2,4	2,0	3,0	2,7	2,8	2,3	1,8	2,0

Apêndice 1L : Teor de sódio nos colmos e folhas, grãos e parte aérea, em g Kg⁻¹ de 12 genótipos de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipos	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
----- Colmos e folhas -----									
Avaxi	1,57	1,03	2,11	3,17	3,08	3,01	12,58	22,24	16,05
BRA 1024	2,05	1,64	1,20	3,06	2,47	2,76	26,36	24,30	20,17
BRA 1073	1,20	1,20	1,88	9,83	10,08	10,34	21,46	18,77	16,31
BRA 1455	0,66	0,99	1,34	6,91	4,66	6,66	16,57	21,35	14,48
BRS Atalanta	1,53	1,36	1,69	12,56	9,59	11,08	16,31	21,46	14,39
BRS Bojuru	1,93	1,74	2,11	8,53	7,81	7,08	11,38	12,93	12,41
BRS Fronteira	1,13	0,78	1,03	3,43	4,59	2,07	22,89	15,16	18,62
BRS Querência	1,13	1,57	1,10	13,44	14,74	16,03	25,60	20,57	20,17
CNA 10754	1,55	1,97	0,89	3,56	2,44	3,00	23,33	27,21	19,44
CNA 10756	0,99	1,06	1,34	2,90	3,29	2,52	17,22	23,41	15,00
CNA 10757	1,01	1,03	1,27	8,20	7,17	6,14	18,14	21,35	15,68
Inov	1,34	1,31	1,41	2,99	1,95	2,47	17,48	19,65	14,90
----- Grãos -----									
Avaxi	0,29	0,29	0,29	0,67	0,53	0,67	1,73	2,41	1,53
BRA 1024	0,31	0,36	0,48	0,57	0,53	0,52	0,52	1,56	1,30
BRA 1073	0,26	0,36	0,36	0,52	0,80	0,62	2,56	2,05	1,66
BRA 1455	0,29	0,39	0,39	0,50	0,42	0,70	1,07	1,89	1,76
BRS Atalanta	0,29	0,31	0,36	0,53	0,45	0,56	2,21	2,18	1,80
BRS Bojuru	0,34	0,26	0,31	0,47	0,43	0,54	1,00	1,52	1,30
BRS Fronteira	0,34	0,36	0,48	0,67	0,53	0,73	1,66	2,18	1,33
BRS Querência	0,31	0,39	0,31	0,65	0,36	0,69	1,93	1,17	1,53
CNA 10754	0,26	0,41	0,41	0,39	0,42	0,80	1,11	1,04	1,76
CNA 10756	0,22	0,29	0,36	0,49	0,57	0,49	1,66	1,73	1,69
CNA 10757	0,18	0,15	0,39	0,68	0,46	0,42	2,30	1,30	1,73
Inov	0,41	0,26	0,34	0,47	0,49	0,43	2,40	1,63	2,06
----- Parte aérea -----									
Avaxi	1,86	1,32	2,40	3,84	3,61	3,67	14,31	24,64	17,58
BRA 1024	2,36	2,00	1,68	3,62	3,00	3,28	26,88	25,87	21,47
BRA 1073	1,46	1,56	2,24	10,35	10,88	10,96	24,02	20,82	17,97
BRA 1455	0,95	1,37	1,72	7,41	5,08	7,36	17,64	23,24	16,24
BRS Atalanta	1,82	1,67	2,05	13,09	10,04	11,64	18,52	23,64	16,18
BRS Bojuru	2,27	2,00	2,42	9,00	8,24	7,62	12,37	14,45	13,71
BRS Fronteira	1,47	1,14	1,51	4,10	5,13	2,80	24,56	17,34	19,95
BRS Querência	1,44	1,96	1,42	14,10	15,10	16,72	27,53	21,75	21,70
CNA 10754	1,81	2,38	1,30	3,95	2,87	3,80	24,44	28,25	21,20
CNA 10756	1,21	1,35	1,70	3,39	3,86	3,00	18,89	25,13	16,69
CNA 10757	1,19	1,18	1,65	8,89	7,63	6,56	20,44	22,65	17,40
Inov	1,75	1,58	1,74	3,45	2,44	2,90	19,88	21,28	16,97

Apêndice 1M : Teor de potássio nos colmos e folhas, grãos e parte aérea, em g Kg⁻¹ de 12 genótipos de arroz submetidos a três tratamentos com níveis de salinidade.

Genótipos	Testemunha			0,25 % NaCl			0,50 % NaCl		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
----- Colmos e folhas -----									
Avaxi	17,4	16,3	18,5	13,0	14,4	11,9	13,0	10,6	7,6
BRA 1024	16,0	14,3	15,7	10,3	11,1	9,8	10,3	8,7	10,3
BRA 1073	14,1	13,0	15,2	14,6	16,0	12,7	7,9	9,7	11,4
BRA 1455	14,4	15,7	17,9	10,8	11,4	9,7	12,5	7,2	9,5
BRS Atalanta	16,8	17,6	16,5	14,4	16,8	11,7	9,8	8,9	11,3
BRS Bojuru	13,8	17,9	15,9	14,1	14,1	14,2	13,0	11,7	11,1
BRS Fronteira	15,4	13,8	12,1	10,3	13,5	12,5	13,8	10,2	12,2
BRS Querência	17,6	14,4	17,4	14,1	13,0	10,6	7,5	5,0	7,3
CNA 10754	15,7	13,9	15,4	10,8	14,4	11,7	10,4	6,0	9,8
CNA 10756	18,2	18,7	15,7	11,9	9,8	12,2	12,7	10,6	12,5
CNA 10757	12,5	15,7	15,2	9,9	9,8	10,5	9,2	11,3	6,3
Inov	16,3	15,8	15,7	13,0	12,2	12,6	11,9	13,3	10,8
----- Grãos -----									
Avaxi	10,0	9,4	9,0	11,2	10,0	14,7	13,7	13,4	10,9
BRA 1024	20,0	17,4	19,1	19,7	20,0	20,6	17,8	17,5	15,0
BRA 1073	10,7	10,7	12,3	11,2	13,4	8,4	13,1	13,4	12,8
BRA 1455	17,1	14,5	15,5	18,1	15,9	16,2	15,5	17,2	13,7
BRS Atalanta	11,0	12,4	16,5	8,4	8,4	11,5	14,7	10,0	8,7
BRS Bojuru	9,0	6,5	7,8	9,1	7,2	7,5	9,4	8,4	7,5
BRS Fronteira	15,5	14,5	14,9	18,1	16,5	18,7	20,6	21,2	20,9
BRS Querência	11,0	10,3	12,6	11,9	13,4	11,2	8,4	7,8	9,1
CNA 10754	14,2	13,2	13,6	13,1	14,4	16,9	18,1	18,7	18,4
CNA 10756	14,2	17,8	10,7	16,2	14,0	17,2	22,5	19,0	20,8
CNA 10757	14,7	12,6	16,8	17,8	16,9	14,4	19,7	19,7	13,4
Inov	14,9	12,3	11,3	10,3	15,3	10,0	13,7	19,4	12,8
----- Parte aérea -----									
Avaxi	27,4	25,7	27,5	24,2	24,4	26,6	26,7	24,0	18,5
BRA 1024	36,0	31,8	34,8	30,0	31,1	30,4	28,1	26,2	25,3
BRA 1073	24,7	23,6	27,5	25,9	29,4	21,2	21,0	23,1	24,2
BRA 1455	31,5	30,3	33,4	28,9	27,3	25,9	28,0	24,3	23,2
BRS Atalanta	27,8	30,0	33,0	22,8	25,2	23,2	24,4	18,9	20,0
BRS Bojuru	22,8	24,3	23,7	23,1	21,2	21,7	22,4	20,1	18,6
BRS Fronteira	31,0	28,3	27,0	28,4	30,1	31,2	34,4	31,4	33,1
BRS Querência	28,6	24,7	30,0	26,0	26,4	21,8	15,9	12,8	16,4
CNA 10754	29,9	27,1	29,0	23,9	28,7	28,5	28,5	24,7	28,2
CNA 10756	32,4	36,5	26,4	28,1	23,8	29,4	35,2	29,6	33,3
CNA 10757	27,2	28,4	32,0	27,7	26,6	24,8	28,9	31,0	19,8
Inov	31,1	28,0	27,0	23,3	27,5	22,6	25,6	32,6	23,6

2- CAPÍTULO 2 – Dados do experimento de cinética de absorção de potássio por genótipos de arroz irrigado.

Apêndice 2A : Parâmetros morfológicos massa seca (MS) da parte aérea e da raiz, e relação entre MS raiz / MS parte aérea raiz de 11 cultivares de arroz irrigado.

Genótipos	MS parte aérea (g)			MS raiz (g)			MS raiz / MS parte aérea		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	3,879	3,940	3,789	0,748	0,814	1,326	0,193	0,207	0,350
BRA 1024	2,925	2,550	2,789	0,482	0,516	0,708	0,165	0,202	0,254
BRA 1073	2,620	2,473	2,961	0,681	0,673	0,601	0,260	0,272	0,203
BRA 1455	2,290	2,761	2,546	0,761	0,864	0,813	0,332	0,313	0,319
BRS Atalanta	2,383	2,400	2,530	0,539	0,546	0,609	0,226	0,228	0,241
BRS Bojuru	1,830	2,192	1,822	0,438	0,534	0,308	0,239	0,243	0,169
BRS Fronteira	2,580	2,501	2,221	0,484	0,715	0,687	0,188	0,286	0,309
BRS Querência	3,058	2,796	3,921	0,788	0,835	0,657	0,258	0,299	0,168
CNA 10754	2,887	2,461	2,843	0,435	0,641	0,703	0,151	0,260	0,247
CNA 10756	3,148	3,918	4,349	0,419	0,541	0,497	0,133	0,138	0,114
CNA 10757	3,163	3,222	3,215	0,450	0,524	0,489	0,142	0,163	0,152

Apêndice 2B : Parâmetros morfológicos de raiz comprimento (L), raio médio (r) área (AR) de 11 genótipos de arroz irrigado.

Genótipo	L (cm)			r (x10 ⁻² cm)			AR (cm ²)		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	27902	14624	7092	0,91	1,55	2,40	1604	1425	1069
BRA 1024	6140	3485	12019	1,54	2,43	1,93	592	531	1461
BRA 1073	7743	5812	3430	1,79	2,44	3,18	869	891	686
BRA 1455	9860	4495	4901	1,74	2,83	2,15	1077	800	662
BRS Atalanta	13381	3432	4317	0,89	2,34	2,86	747	505	776
BRS Bojuru	9261	5393	3479	1,59	2,08	2,86	925	703	625
BRS Fronteira	8310	11109	7190	1,29	1,63	1,95	676	1135	882
BRS Querência	8368	8562	5134	2,12	2,42	2,77	1115	1302	894
CNA 10754	6036	6525	6675	2,17	2,25	2,38	821	976	944
CNA 10756	9652	7767	4651	1,20	1,65	1,94	728	805	568
CNA 10757	9952	11259	18396	1,41	1,49	1,33	880	1052	1534

Apêndice 2C : Teores de potássio (K) na parte aérea e potássio absorvido (Kabs) de 11 genótipos de arroz irrigado.

Genótipos	K (g kg ⁻¹)			Kabs (mg Vaso ⁻¹)		
	Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III
Avaxi	44,08	41,67	34,92	170,98	164,20	132,33
BRA 1024	43,54	42,21	41,54	127,37	107,63	115,85
BRA 1073	29,72	28,63	29,90	77,87	70,81	88,53
BRA 1455	30,00	31,75	31,75	68,69	87,66	80,83
BRS Atalanta	31,36	29,90	34,92	74,73	71,75	88,36
BRS Bojuru	28,09	28,36	37,04	51,40	62,16	67,49
BRS Fronteira	29,72	31,63	32,81	76,68	79,11	72,87
BRS Querência	43,01	41,41	45,24	131,53	115,78	177,40
CNA 10754	43,28	42,21	45,77	124,94	103,88	130,13
CNA 10756	43,28	41,41	41,27	136,24	162,24	179,50
CNA 10757	42,21	41,41	44,18	133,51	133,42	142,05

Apêndice 2D : Parâmetros cinéticos de raiz $V_{\text{máx}}$, K_m e C_{min} utilizados para o cálculo do influxo.

Genótipos	$V_{\text{máx}}$ ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$)			K_m ($\mu\text{mol L}^{-1}$)			C_{min} ($\mu\text{mol L}^{-1}$)		
	Repetições			Repetições			Repetições		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Avaxi	38,04	37,81	33,23	6,57	8,44	9,37	0,85	1,03	1,28
BRA 1024	41,15	42,32	41,12	7,14	6,71	6,46	1,03	1,55	0,65
BRA 1073	37,83	37,49	55,22	6,63	8,53	7,83	2,58	1,03	1,02
BRA 1455	26,61	52,52	43,12	10,27	23,68	26,55	1,78	1,86	2,04
BRS Atalanta	66,42	68,51	64,34	20,39	17,27	23,50	1,03	0,86	0,86
BRS Bojuru	43,55	30,23	36,89	5,16	4,05	4,61	1,55	1,03	1,03
BRS Fronteira	39,25	22,33	40,63	4,25	4,88	7,82	1,69	1,03	1,03
BRS Querência	36,98	42,31	47,14	8,17	8,99	8,52	1,03	1,03	0,65
CNA 10754	43,10	39,28	45,49	10,88	7,72	6,43	2,07	1,55	0,65
CNA 10756	42,51	36,88	31,51	4,45	6,03	3,65	0,84	1,03	1,03
CNA 10757	35,49	32,29	38,47	8,89	8,87	5,72	1,55	1,31	0,65

Apêndice 2E : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do híbrido Avaxi.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	67,41	64,31	132,45
0,5	58,51	54,02	122,13
1	52,15	43,73	84,29
1,5	45,79	33,44	110,09
2	41,97	25,72	97,19
2,5	34,34	21,86	71,39
3	29,25	16,72	69,67
3,5	22,89	14,15	66,23
4	18,04	11,57	57,63
4,5	14,17	5,14	44,72
5	11,60	2,57	37,84
5,5	9,02	1,03	31,82
6	5,15	1,03	24,94
6,5	3,87	1,03	21,50
7	2,58	0,00	14,62
7,5	0,00	0,00	12,04
8	0,00	0,00	10,32
8,5	0,00	0,00	7,74
9	0,85	0,00	6,02
9,5	0,85	0,00	4,30
10	0,85	0,00	2,58
10,5	0,85	0,00	1,72
11	0,00	0,00	1,72
11,5	0,00	0,00	1,72
12	0,00	0,00	0,00

Apêndice 2F : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo BRA 1024.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	64,31	64,31	40,12
0,5	56,59	55,30	32,48
1	48,87	48,87	23,88
1,5	41,16	41,16	18,15
2	36,01	33,44	10,51
2,5	29,58	28,29	5,73
3	36,01	25,72	1,91
3,5	21,86	19,29	1,91
4	16,72	16,72	2,32
4,5	10,29	10,29	1,55
5	5,14	6,43	0,77
5,5	5,17	3,10	1,31
6	3,10	3,10	0,65
6,5	2,07	2,07	0,65
7	1,03	1,03	0,00
7,5	1,03	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00
8,5	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00

Apêndice 2G : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo BRA 1073.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	64,31	64,31	39,16
0,5	52,73	57,87	31,52
1	42,44	48,87	24,84
1,5	34,72	41,16	19,10
2	27,01	34,72	11,46
2,5	20,58	29,58	5,73
3	20,58	25,72	2,87
3,5	10,29	18,01	1,91
4	6,43	15,43	0,77
4,5	3,86	9,00	0,77
5	1,29	6,43	0,77
5,5	0,00	3,10	0,65
6	0,00	3,10	0,65
6,5	0,00	2,07	0,65
7	0,00	1,03	0,00
7,5	0,00	1,03	0,00
8	0,00	0,00	0,00
8,5	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00

Apêndice 2H : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo BRA 1455.

Tempo	K ($\mu\text{mol L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	63,02	111,81	117,83
0,5	54,02	113,53	99,77
1	45,01	106,65	94,61
1,5	37,30	99,77	89,45
2	30,87	91,17	81,71
2,5	25,72	82,57	76,55
3	20,58	73,11	69,67
3,5	15,43	65,37	67,09
4	14,15	63,65	64,51
4,5	6,43	49,03	49,89
5	3,86	42,14	46,44
5,5	2,07	42,14	46,44
6	1,03	35,26	41,28
6,5	1,03	29,24	36,12
7	1,03	24,08	31,82
7,5	0,00	19,78	27,52
8	0,00	16,34	24,08
8,5	0,00	11,18	18,92
9	0,00	8,60	15,48
9,5	0,00	6,02	12,04
10	0,00	3,44	9,46
10,5	0,00	2,58	7,74
11	0,00	2,58	6,02
11,5	0,00	1,72	4,30
12	0,00	0,86	3,44
12,5	0,00	0,86	2,58

Apêndice 2I : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo BRS Atalanta.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	66,88	99,77	116,11
0,5	54,02	98,91	110,09
1	45,01	88,59	104,07
1,5	36,01	80,85	96,33
2	30,87	74,83	92,03
2,5	25,72	67,95	83,43
3	19,29	60,21	75,69
3,5	15,43	55,91	73,11
4	10,29	50,75	69,67
4,5	6,43	38,70	55,05
5	3,86	33,54	48,17
5,5	2,07	31,82	48,17
6	1,03	26,66	41,28
6,5	1,03	22,36	35,26
7	1,03	18,06	30,96
7,5	0,00	13,76	24,94
8	0,00	12,04	20,64
8,5	0,00	8,60	15,48
9	0,00	6,02	12,04
9,5	0,00	4,30	8,60
10	0,00	2,58	6,02
10,5	0,00	1,72	4,30
11	0,00	1,72	3,44
11,5	0,00	1,72	1,72
12	0,00	0,86	0,86
12,5	0,00	0,86	0,86

Apêndice 2J : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo BRS Bojuru.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	63,02	64,31	40,12
0,5	54,02	56,59	36,30
1	47,59	48,87	30,57
1,5	42,44	42,44	26,75
2	36,01	37,30	21,97
2,5	30,87	33,44	19,10
3	24,44	33,44	17,19
3,5	20,58	23,15	14,33
4	18,01	18,01	17,80
4,5	10,29	14,15	15,48
5	7,72	9,00	13,93
5,5	4,14	4,14	11,12
6	3,10	4,14	8,50
6,5	2,07	2,07	7,85
7	1,03	1,03	5,89
7,5	0,00	1,03	5,23
8	0,00	1,03	4,58
8,5	0,00	0,00	4,58
9	0,00	0,00	3,27
9,5	0,00	0,00	1,96
10	0,00	0,00	1,31
10,5	0,00	0,00	1,31
11	0,00	0,00	0,65
11,5	0,00	0,00	0,65
12	0,00	0,00	0,00
12,5	0,00	0,00	0,00

Apêndice 2L Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo BRS Fronteira.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	69,95	64,31	63,02
0,5	62,32	56,59	51,44
1	59,78	47,59	42,44
1,5	57,23	37,30	33,44
2	54,69	33,44	25,72
2,5	48,33	28,29	20,58
3	44,52	29,58	19,29
3,5	40,70	24,44	18,01
4	37,36	16,72	10,29
4,5	34,79	10,29	6,43
5	29,63	6,43	2,57
5,5	25,77	3,10	1,03
6	21,90	3,10	1,03
6,5	18,04	2,07	1,03
7	10,31	1,03	1,03
7,5	9,02	0,00	0,00
8	6,44	0,00	0,00
8,5	5,96	1,03	0,00
9	4,26	0,00	0,00
9,5	2,56	0,00	0,00
10	1,70	0,00	0,00
10,5	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00
11,5	0,00	0,00	0,00

Apêndice 2M : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo BRS Querência.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	63,02	63,02	39,16
0,5	52,73	50,16	31,52
1	42,44	38,58	23,88
1,5	33,44	28,29	22,93
2	25,72	21,86	11,46
2,5	20,58	16,72	5,73
3	16,72	12,86	1,91
3,5	14,15	7,72	1,91
4	7,72	5,14	1,55
4,5	6,43	2,57	1,55
5	2,57	1,29	1,55
5,5	1,03	0,00	0,65
6	1,03	1,03	0,65
6,5	1,03	1,03	0,65
7	0,00	0,00	0,00
7,5	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00

Apêndice 2N : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo CNA 10754.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	64,31	64,31	36,30
0,5	60,45	55,30	30,57
1	54,02	46,30	23,88
1,5	48,87	38,58	20,06
2	43,73	32,15	13,37
2,5	37,30	27,01	8,60
3	34,72	25,72	4,78
3,5	32,15	18,01	1,91
4	32,15	12,86	1,55
4,5	29,58	7,72	0,77
5	18,01	5,14	0,77
5,5	11,37	2,07	0,65
6	11,37	2,07	0,65
6,5	9,30	2,07	0,00
7	7,24	1,03	0,00
7,5	5,17	0,00	0,00
8	4,14	0,00	0,00
8,5	3,10	0,00	0,00
9	2,07	0,00	0,00
9,5	2,07	0,00	0,00
10	2,07	0,00	0,00
10,5	2,07	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00
11,5	0,00	0,00	0,00

Apêndice 20 : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo CNA 10756.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	69,95	65,59	63,02
0,5	68,68	56,59	56,59
1	63,59	48,87	50,16
1,5	59,78	41,16	43,73
2	57,23	34,72	37,30
2,5	52,15	29,58	33,44
3	48,33	24,44	29,58
3,5	44,52	19,29	25,72
4	39,94	19,29	20,58
4,5	37,36	14,15	15,43
5	34,79	7,72	10,29
5,5	30,92	3,10	6,20
6	28,34	3,10	6,20
6,5	24,48	2,07	4,14
7	20,61	2,07	2,07
7,5	16,75	1,03	1,03
8	12,88	1,03	1,03
8,5	11,08	0,00	0,00
9	8,52	0,00	0,00
9,5	6,82	0,00	0,00
10	5,96	0,00	0,00
10,5	3,41	0,00	0,00
11	1,70	0,00	0,00
11,5	1,67	0,00	0,00
12	0,84	0,00	0,00
12,5	0,00	0,00	0,00

Apêndice 2P : Depleção de teor de potássio na solução nutritiva medida a cada ½ hora do genótipo CNA 10757.

Tempo	K ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	Repetições		
	I	II	III
0	63,02	37,25	41,07
0,5	57,87	35,34	32,48
1	51,44	27,70	26,75
1,5	46,30	25,79	23,88
2	39,87	20,06	18,15
2,5	36,01	16,24	13,37
3	36,01	12,42	9,55
3,5	29,58	8,60	6,69
4	25,72	10,84	6,97
4,5	25,72	6,19	3,87
5	16,72	4,64	2,32
5,5	10,34	2,62	3,27
6	11,37	1,31	0,65
6,5	8,27	1,31	0,65
7	6,20	1,31	0,00
7,5	4,14	0,00	0,00
8	3,10	0,00	0,00
8,5	2,07	0,00	0,00
9	2,07	0,00	0,00
9,5	2,07	0,00	0,00
10	1,03	0,00	0,00
10,5	0,00	0,00	0,00