

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia  
de Sementes



Dissertação

**Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em  
função da adubação com boro**

**Ricardo Figueiredo Cavalheiro Leite**

Pelotas, 2008

**RICARDO FIGUEIREDO CAVALHEIRO LEITE**

**Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro**

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

Orientador: Prof. Dr. Luís Osmar Braga Schuch  
Co-orientador: Dr. Ademir dos Santos Amaral

Pelotas  
Rio Grande do Sul – Brasil  
2008

## **Dados de catalogação na fonte:**

( Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744 )

L533r Leite, Ricardo Figueredo Cavalheiro

Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro / Ricardo Figueredo Cavalheiro Leite. Pelotas, 2009.

32f. : il.

Dissertação ( Mestrado ) –Programa de Pós-Graduação em Ciência e tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2009, Luís Osmar Braga Schuch, Orientador; co-orientador Ademir dos Santos Amaral

1. Oryza sativa 2. Micronutrientes 3.Rendimento de grãos 4. Qualidade da semente 5.Adubação 6. Boro I Schuch, Luís Osmar Braga (orientador) II Amaral, Ademir dos Santos (co-orientador) III Título.

CDD 633.18

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl (UFPel)

Prof. Dr. Leopoldo Baudet (UFPel)

Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros (UFPel)

## RESUMO

LEITE, Ricardo F. C. **Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro.** 2008. 32f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O boro é um nutriente essencial para as plantas. Suas funções estão envolvidas com o crescimento celular e o desenvolvimento da flor. Na floração, a deficiência do micronutriente reduz a macho-fertilidade em função do prejuízo à microesporogênese e ao crescimento do tubo polínico. Neste trabalho, objetivou-se definir as fases de maior sensibilidade da cultura, com o intuito de identificar épocas apropriadas para a aplicação de tratamentos corretivos de boro. A aplicação do boro, na forma de borato de sódio ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), na dosagem de  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , foi realizada em cinco épocas diferentes (na base; no perfilhamento; na diferenciação do primórdio floral; no emborrachamento; e na floração plena). Foram realizadas avaliações sobre o rendimento, esterilidade e componentes de rendimento do arroz, bem como sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas. O trabalho pode constatar que a quantidade aplicada de borato de sódio não é prejudicial à cultura do arroz irrigado, embora não haja efeito da aplicação do nutriente em diferentes épocas do cultivo.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Micronutrientes. Rendimento de grãos. Qualidade da semente.

## ABSTRACT

LEITE, Ricardo F. C. **Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro.** 2008. 32f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Boron is an essential plant nutrient. Its functions are related to cellular growth and flower development. At flowering, the micronutrient deficiency reduces male-fertility due to damage to microsporogenesis and to the pollen tube growth. This work aims to define the phases of higher sensibility of the culture, with the purpose of identifying appropriate times for applying of boron to the rice crop. Boron application, in form of sodium borate ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), in dosage of  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , was made in five different phases: base fertilization; tillering; primary flower differentiation; booting stage; and full flowering. Evaluation on yield, sterility and rice yield components, as well as physiological quality of the seeds produced have been done. The results allowed the verification that the amount of sodium borate applied is not harmful to the flooded rice crop, and there are no effects of application of the nutrient in different times of cultivation.

Key-words: *Oryza sativa*. Micronutrient. Grain yield. Seed quality.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Efeito da aplicação de boro sobre o número de panículas.m-2, grãos.panícula-1, esterilidade (%) e produtividade (kg.ha-1), na cultivar IRGA 422CL de arroz irrigado. Pelotas, RS. 2006.....22
- Tabela 2 – Efeito da aplicação de boro sobre a germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado e tríplice teste na cultivar IRGA 422CL de arroz irrigado. Pelotas, RS. 2006.....24

## SUMÁRIO

	Página
1. Introdução.....	07
2. Revisão bibliográfica.....	09
2.1 O arroz irrigado.....	09
2.2 Micronutrientes.....	10
2.3 O boro.....	11
3. Materiais e métodos.....	17
3.1 Componentes do rendimento.....	18
3.2 Avaliações fisiológicas.....	19
3.2.1 Teste dew germinação.....	19
3.2.2 Tríplice teste.....	19
3.2.3 Envelhecimento acelerado.....	19
3.2.4 Teste de frio.....	20
4. Resultados e discussão.....	21
5. Conclusões.....	26
6. Referências.....	27

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo. Na produção nacional de grãos, o arroz chega a representar de 15 a 20% do total, o que demonstra sua importância na agricultura brasileira. Além disso, tem consumo difundido em todas as classes sociais, ocupando posição de destaque do ponto de vista econômico e social. A Região Sul do Brasil, onde predomina o sistema alagado de cultivo de arroz, chega a contribuir com mais de 50% da produção nacional do grão.

Assim, como todas espécies cultivadas, o arroz irrigado necessita de eficaz e contínuo apoio da pesquisa, como também da aplicação de novas tecnologias, de forma que se busque melhorar a expressão do seu potencial produtivo com o aumento da rentabilidade e da qualidade.

Nas últimas décadas, foram intensificadas as pesquisas relativas à correção do solo e adubação do arroz irrigado na Região Sul, com o objetivo de buscar informações sobre a resposta da cultura a fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e alguns micronutrientes. Os resultados das pesquisas realizadas até o momento indicam que os solos arroseiros da região Sul são, de forma geral, bem providos de micronutrientes, já que na maioria dos experimentos realizados não houve resposta positiva à aplicação destes. Entretanto, a maioria dos trabalhos com arroz irrigado tem avaliado o efeito de um conjunto dos mesmos, havendo poucos dados de pesquisa a respeito do efeito isolado de micronutrientes sobre a cultura.

O boro é um nutriente essencial para as plantas. Suas funções estão envolvidas com o crescimento celular e o desenvolvimento da flor. Na floração, a deficiência do micronutriente reduz a macho-fertilidade em função do prejuízo à

microesporogênese e ao crescimento do tubo polínico. Dessa forma, as práticas de manejo da adubação, como o uso de doses adequadas e a época apropriada de aplicação de nutrientes, inclusive o boro, podem ser fundamentais para o aumento da sua eficiência e da produtividade de grãos da cultura.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de boro, em diferentes épocas do ciclo da cultura, sobre o comportamento da planta e os componentes de rendimento, bem como sobre a qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado produzidas. Buscou-se definir as fases de maior sensibilidade da cultura, com o intuito de identificar épocas apropriadas para a aplicação de tratamentos corretivos com o micronutriente.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. O Arroz Irrigado**

Com cerca de 150 milhões de hectares plantados anualmente, o arroz é um dos cereais mais cultivados no mundo, com uma produção aproximada de 600 milhões de toneladas (FAO, 2004). A produção com irrigação controlada responde por mais da metade da quantidade de arroz produzida, apesar de ocupar apenas um quarto da área.

No Brasil, cerca de 1,3 milhões de hectares são cultivados anualmente com arroz irrigado, dos quais cerca de um milhão estão no Rio Grande do Sul. Juntamente com a soja e o milho, constitui-se numa das maiores culturas de grãos do país. Na safra 2006/07, a produção nacional de arroz foi oriunda em torno de 65% do cultivo irrigado. O cultivo de arroz em várzea (irrigado por alagamento) é o tradicionalmente praticado na Região Sul do Brasil, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor brasileiro, com uma produção em torno de 6,4 milhões de toneladas (CONAB, 2007).

As pesquisas relativas à correção do solo e à adubação do arroz irrigado, na Região Sul, têm sido intensificadas nas últimas décadas. Entretanto, os manuais de recomendações técnicas e as pesquisas na orizicultura irrigada pouco informam sobre possibilidades e vantagens da utilização de nutrientes que não os primários N, P e K. Dessa forma, não há informações técnicas suficientes sobre a viabilidade do uso de micronutrientes na cultura.

## 2.2. Micronutrientes

Aproximadamente, 95% da composição química das plantas, expressa em matéria seca, é constituída de carbono, oxigênio e hidrogênio, enquanto os 5% restantes advêm dos nutrientes minerais separados em duas categorias: os macronutrientes como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre e os micronutrientes como o zinco, boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e cobalto (FAVARIN & MARINI, 2000). Os micros, como também são conhecidos, são utilizados pelas plantas em pequenas quantidades. Sua falta, no entanto, pode acarretar grandes perdas na produtividade.

A pequena participação dos elementos minerais na constituição dos vegetais e o próprio termo "micronutrientes" podem sugerir menor grau de importância – mas todos são essenciais para o desenvolvimento e reprodução das plantas. O critério adotado para a classificação como micronutriente é meramente quantitativo, uma vez que estes nutrientes desempenham suas funções no metabolismo vegetal, requerendo menores quantidades comparativamente à demanda de macronutrientes (FAVARIN & MARINI, 2000).

Os solos férteis devem ser preferidos para multiplicação de sementes, tanto no que tange à obtenção de maiores produções, como no que respeita à obtenção de sementes de maior qualidade. A disponibilidade de nutrientes influi na boa formação do embrião, do órgão de reserva e do tecido protetor, assim como na sua composição química e, conseqüentemente, em sua qualidade fisiológica e física.

Segundo MARCHEZAN (2001), a possibilidade de elevar a produtividade da lavoura com a adição de micronutrientes na cultura do arroz tem sido estudada por diversos pesquisadores, os quais não têm encontrado incrementos de produtividade. Por outro lado, HOSSAIN et al. (2001) encontraram respostas significativas à aplicação de tratamentos com micronutrientes, especificamente zinco, boro e molibdênio. Os resultados obtidos pelos autores sugerem que estes três nutrientes aplicados em conjunto com o NPKS são necessários à garantia de rendimentos satisfatórios.

Entretanto, percebe-se que a maioria dos trabalhos tem avaliado o efeito de um conjunto de micronutrientes, havendo poucos dados de pesquisa a respeito do efeito da aplicação isolada de nutrientes, como o boro, sobre a cultura do arroz irrigado. Ao contrário dos macronutrientes primários, deficiências de micronutrientes nos solos brasileiros para o arroz são raras e localizadas. Segundo DECHEN et al. (1991), em solos arenosos pode ocorrer com mais frequência a deficiência de micronutrientes que, em certos casos, possibilita resposta positiva à adubação destes.

Atualmente, a importância da nutrição das culturas com micronutrientes tem sido ignorada, apesar da essencialidade e necessidade dos mesmos ao crescimento saudável das culturas e incremento de produtividade (HOSSAIN et al., 2001). Dessa forma, a utilização de micronutrientes na adubação da lavoura deve ser feita de forma muito criteriosa, levando em consideração aspectos como a exigência nutricional da cultura, a disponibilidade de tais nutrientes no solo a ser cultivado e as interações que ocorrem no sistema.

### **2.3. O Boro**

A essencialidade do boro ao crescimento e desenvolvimento das plantas é bem conhecida, embora suas funções primárias continuem obscuras (CAKMAK & RÖMHELD, 1997). Apesar de ser tolerante à deficiência do nutriente, o arroz irrigado sofre com essa desordem nutricional em qualquer local (SHORROCKS, 1997). Entretanto, a atenção dispensada à importância do boro no desenvolvimento da cultura é apenas recente.

O boro é essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, de forma que uma nutrição adequada deste elemento às plantas cultivadas pode constituir-se em algo de grande importância econômica (BLEVINS & LUKASZEWSKI, 1998). O nutriente afeta o rendimento de frutas, vegetais, amêndoas e grãos, assim como a qualidade destes.

Prova segura de que o boro é um micronutriente essencial foi apresentada por WARINGTON, apud SHORROCKS (1997), a qual demonstrou que a espécie *Vicia faba* não apenas morreu quando não houve suprimento de boro, como, também, que o mesmo foi necessário para a recuperação da planta.

Após descoberta sua essencialidade nos anos 1920, as funções que o boro pode ter na fisiologia de plantas ou na bioquímica permaneceram incertas, havendo muito a ser aprendido a tal respeito (EPSTEIN & BLOOM, 2006), de forma que a elucidação desta matéria constitui-se num desafio para pesquisas futuras.

O boro é o único micronutriente presente na solução do solo como uma molécula neutra, na forma de ácido bórico não dissociado,  $B(OH)_3$ , (só em pH menor que 7). Uma vez que o elemento é incorporado aos tecidos, não pode ser mobilizado para atender necessidades de outros tecidos da planta.

Apesar de numerosas funções terem sido propostas para o nutriente, apontam-se algumas quantitativamente mais importantes, relacionadas com a estrutura da parede celular e com as substâncias pécticas associadas a ela. Entretanto, o boro pode servir em outros processos celulares, como o metabolismo do ácido ribonucléico (RNA) (PILBEAN & KIRKBY, ALI & JARVIS apud EPSTEIN & BLOOM, 2006) e funções da membrana. Segundo a classificação de MENGEL & KIRKBY (1982), o boro pertence ao grupo dos nutrientes que são importantes na armazenagem de energia e na integridade estrutural.

Evidências sugerem que o elemento boro desempenha funções no alongamento celular, na síntese de ácidos nucléicos, nas respostas hormonais e no funcionamento de membranas (TAIZ & ZEIGER, 2004). Plantas deficientes em boro podem exibir uma ampla variedade de sintomas, dependendo da espécie e de sua idade.

BARBOSA FILHO et al. (1999) afirmam que a deficiência do nutriente afeta a integridade da membrana celular, inibe a formação da ATPase, a absorção de nutrientes e, como conseqüência, provoca, ainda, a inibição do crescimento das plantas, aumentando, também, a esterilidade dos grãos por inibir o crescimento do

tubo polínico. Suas funções na planta de arroz estão envolvidas com o crescimento celular e desenvolvimento da panícula (GARG et al., 1979).

Já, segundo YAMADA (2000), entre as diversas funções do boro, duas estão muito bem definidas: (a) a de síntese da parede celular e (b) a de integridade da membrana plasmática, também citada por CAKMAK & RÖMHELD (1997). O autor afirma que o boro está relacionado a muitos processos fisiológicos da planta que são afetados pela sua deficiência, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática.

GAUCH & DUGGER, apud BLEVINS & LUKASZEWSKI (1998), citam diversas referências que relatam os efeitos do boro na germinação do pólen, ou na floração e reprodução das plantas. A deficiência de boro causou esterilidade em milho e problemas na floração (má formação da flor) numa ampla variedade tanto de mono como de dicotiledôneas. Os autores referem-se a que, na década de 30, já se afirmava ser bem provável que seria o estudo do pólen que elucidaria a participação fundamental do boro em processos bioquímicos. Segundo WANG et al. (2003), o boro apresenta importante função na regulação da germinação do pólen e crescimento do tubo polínico.

Os efeitos estimulantes do boro podem ser ligados com a maior disponibilidade de açúcares, e com o aumento da atividade enzimática e da respiração que favorecem o melhor crescimento do pólen. Os efeitos tóxicos de uma maior concentração de boro podem ser relacionados com dano fisiológico ao próprio protoplasma (GARG et al., 1979).

Na floração, a deficiência de boro reduz a macho-fertilidade em função do prejuízo à microesporogênese e ao crescimento do tubo polínico. Efeitos pós-fertilização incluem prejuízos à embriogênese, resultando em aborto de sementes ou na formação de embriões incompletos ou danificados, e frutos malformados.

Entretanto, há uma grande diversidade de efeitos, entre as espécies, da deficiência de boro na fase reprodutiva, e até mesmo na mesma espécie entre locais e épocas.

As plantas respondem a fornecimentos decrescentes de boro na solução do solo através da diminuição ou interrupção do crescimento. Na sua deficiência, não há o crescimento de novas raízes e nem de novas brotações (YAMADA, 2000). No caso de deficiência severa do nutriente, a cobertura das raízes, o centro quiescente e a protoderme das extremidades desaparecem, de forma que o crescimento das raízes cessa, resultando na morte das pontas das mesmas BLEVINS & LUKASZEWSKI (1998).

O boro está entre os micronutrientes que apresentam imobilidade no floema e não se redistribuem na planta, de maneira que sua deficiência nutricional se apresenta em órgãos mais novos (MALAVOLTA, 1985). O principal sintoma é caracterizado pela formação de folhas novas deformadas e esbranquiçadas. Um sintoma característico é a necrose preta de folhas jovens e gemas terminais. A necrose das folhas jovens ocorre principalmente na base da lâmina foliar. Os caules ficam anormalmente rígidos e quebradiços. A dominância apical pode ser perdida, tornando a planta altamente ramificada; entretanto, os ápices terminais dos ramos logo se tornam necróticos devido à inibição da divisão celular.

JACKSON, apud BLEVINS & LUKASZEWSKI (1998), propôs que a "captação" de secreção protéica polínica para desenvolvimento da membrana e parede, procede através de complexos de borato com açúcares. Ele também percebeu que a germinação do tubo polínico era completamente inibida a temperaturas acima de 21°C, a menos que o boro estivesse presente. Isto poderia explicar a importância do boro na fase reprodutiva de culturas de verão (clima tropical), como o arroz.

A estreita faixa entre deficiência e toxicidade de boro na planta e o fato de que o boro aplicado no solo seria facilmente lixiviado são os principais fatores que inibem a aplicação de boro em doses maiores do que as atualmente praticadas (YAMADA, 2000). Na literatura científica existem trabalhos que colocam em dúvida estes

aspectos, mostrando que não há evidência que suporte a idéia da faixa estreita entre deficiência e toxidez de boro, assim como o que de fato governa a disponibilidade de boro na solução do solo é a adsorção e não a lixiviação.

A absorção de boro pelas plantas depende somente da sua atividade (concentração) na solução do solo. Esta, por sua vez, depende das reações de adsorção entre o boro e seus adsorventes existentes no solo, tais como os óxidos de ferro e alumínio, os minerais de argila, a matéria orgânica, o hidróxido de magnésio e o carbonato de cálcio. A adsorção aumenta com o aumento do pH, da temperatura, do teor dos materiais adsorventes e com a diminuição da umidade do solo.

A disponibilidade de boro é oriunda da decomposição de matéria orgânica e da liberação de minerais de argila. A forma de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) é altamente móvel no solo. Valores de pH mais alto favorecem a forma iônica  $B(OH)^4-$ , a qual é mais adsorvida por argila como também por óxidos de Al e Fé (DUNN et al., 2005).

O boro é prontamente absorvido pelas raízes e é rapidamente translocado para os pontos de crescimento e zonas de transpiração e, como resultado, torna-se bem distribuído pela planta. Um bom crescimento das raízes depende da existência de quantidade suficiente de boro na zona radicular do solo.

A ocorrência de deficiência de boro pode estar relacionada com diversos fatores, incluindo: (a) a habilidade do solo de prover quantidade suficiente de boro durante o ciclo da cultura; (b) o requerimento e a absorção de boro pela cultura; (c) a natureza da cultura e da porção colhida (exportada); (d) o clima; (e) o manejo. O material de origem, textura do solo, pH, calagem e lixiviação podem ser vistos como variáveis que influenciam a dinâmica do boro, salientando-se que o material de origem e a textura do solo são considerados como fatores dominantes.

No Brasil, a carência de boro é muito comum, particularmente em solos arenosos e pobres em matéria orgânica (MALAVOLTA, 1985). Conforme estudo conduzido por GUTERRES (1986), a deficiência do micronutriente já ocorre em alguns solos do Rio Grande do Sul, podendo ser agravada com o cultivo intensivo

sem a devida reposição, uma vez que, quando se recomenda adubação, geralmente consideram-se apenas os macronutrientes. Algumas práticas culturais, tais como a calagem excessiva e a utilização de muito adubo nitrogenado, também podem levar à deficiência de boro.

SLATON et al., 2002, trabalhando com aplicações de boro em duas épocas - antes da emergência e antes do início da irrigação - apresentaram resultados similares entre os dois tratamentos com relação ao rendimento de matéria seca, ambos significativamente maiores que o controle e que aplicações mais tardias. Estes dados sugerem que aplicações de boro no início do ciclo da cultura não afetaram o rendimento do arroz, mas aumentaram ligeiramente o crescimento vegetativo.

GARG et al. (1979) relataram respostas significativas na produtividade em arroz quando culturas foram tratadas com boro. YU & BELL (1999), apresentam respostas positivas à aplicação de boro em arroz, tendo obtido maiores rendimentos com a suplementação do elemento em função, principalmente, do aumento da percentagem de viabilidade do pólen. Segundo RASHID et al. (2004), o aumento da produtividade com o suprimento de boro se dá, principalmente, como consequência da redução de panículas estéreis.

É de se salientar que o rendimento do arroz pode ser aumentado com aplicações de boro. Em estudo conduzido por DUNN et al. (2005), aplicações de boro no solo proporcionaram rendimentos superiores do que aplicações foliares na média de dois anos em que o trabalho foi realizado. Neste estudo foram testadas 4 doses de boro e dois métodos de aplicação (aplicação no solo em pré-plantio e aplicação foliar no pré-alagamento). Segundo os autores, os produtores deveriam considerar a possibilidade de fazer a análise do solo, no que respeita à presença do boro e, assim, quando o teor do nutriente fosse menor do que 0,25ppm, virem a aplicá-lo devidamente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na empresa Agropecuária Santa Rita LTDA., localizada no Município de Turuçu, no Rio Grande do Sul, situada a 31°26' de latitude sul e 52°10' de longitude Oeste de Greenwich, e no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, no Município de Capão do Leão, Estado do Rio Grande do Sul.

O solo no qual o experimento foi instalado é classificado como Planossolo (hidromórfico) e pertence a unidade de mapeamento Pelotas. A instalação do experimento foi precedida de amostragem do solo, seguida de análise de macro e micronutrientes do mesmo. O boro foi extraído da amostra do solo com água quente e determinado pelo método colorimétrico com azometina-H em espectrofotômetro, apresentando teor médio de  $0,3\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

Foram utilizadas sementes da cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) IRGA 422 CL, as quais foram semeadas a lanço, na densidade de  $150\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , em 24 unidades experimentais (parcelas) de  $9\text{m}^2$  (5m x 1,80m), correspondentes a um delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições.

O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação do herbicida ONLY na dose de  $1\text{L}$  de p.c. $\cdot\text{ha}^{-1}$ , cerca de 15 dias após a emergência da arroz. A irrigação por inundação foi estabelecida aos 20 dias após a emergência da cultura, com lâmina de água de cerca de 0,10m, de forma contínua, até a colheita. Foi realizada aplicação do inseticida carbofuram para controle de *Oryzophagus oryzae* (bicheira da raiz).

O boro foi aplicado na forma de grânulos de  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (borato de sódio) na dose de  $10\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , formando os seguintes tratamentos, de acordo com o estágio do ciclo da cultura: (a) ausência de aplicação de boro (testemunha); (b) aplicação de boro na base (semeadura); (c) aplicação de boro em cobertura no perfilhamento; (d) aplicação de boro em cobertura por ocasião da diferenciação do primórdio floral (DPF); (e) aplicação de boro em cobertura no emborrachamento (período de desenvolvimento da panícula); f) aplicação de boro em cobertura na floração plena.

A semeadura foi realizada no mês de novembro, juntamente com as adubações nitrogenada, fosfatada e potássica, as quais obedeceram as dosagens recomendadas pela CFQS RS/SC (Comissão de Fertilidade e Química do Solo – RS/SC, 2004) para o arroz irrigado. Os tratamentos culturais necessários foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para o cultivo de arroz irrigado no RS.

### **3.1. Componentes do Rendimento**

O número de panículas. $\text{m}^{-2}$  foi determinado pela contagem das mesmas, em duas amostragens por parcela, com auxílio de um arco de  $0,25\text{m}^2$ . Os valores foram transformados para o equivalente em  $\text{m}^2$ .

A determinação da percentagem de esterilidade das espiguetas foi realizada por ocasião da colheita, quando foram coletadas, ao acaso,  $50 \text{ panículas} \cdot \text{parcela}^{-1}$ , e, em seguida, separadas as espiguetas cheias das vazias. Contou-se o número de grãos vazios e calculou-se o percentual destes em relação ao número total de grãos de cada amostra.

Para a obtenção do peso de 1000 sementes contou-se, ao acaso, 8 repetições de 100 sementes provenientes da porção semente pura de cada parcela. Cada repetição foi pesada em separado e calculada a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos nas pesagens, conforme as Regras de Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 1992). O resultado dessa determinação foi obtido multiplicando-se o peso médio das 100 sementes por 10, e expresso em gramas.

O rendimento de grãos foi obtido pela pesagem das sementes colhidas manualmente das áreas úteis (4m x 1,50m) de cada parcela, transformado para kg.ha<sup>-1</sup> e corrigido para 13% de umidade.

## **3.2. Avaliações Fisiológicas**

### **3.2.1. Teste de germinação**

Para a realização do teste de germinação, foram distribuídas 4 subamostras de 50 sementes - obtidas de cada unidade experimental - entre duas folhas de papel mata-borrão previamente umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram mantidos em germinador à temperatura de 25 ± 2°C. As contagens foram realizadas aos 7 e 14 dias após a semeadura. A apresentação dos resultados foi feita pela média aritmética das quatro repetições, em números percentuais inteiros (BRASIL, 1992).

### **3.2.2. Tríplice teste**

Com a realização do tríplice teste, foram distribuídas 4 subamostras de 50 sementes - obtidas de cada unidade experimental - em caixas plásticas (gerbox) contendo 200g de solo previamente seco e peneirado, e posteriormente umedecido com 60ml de água. As sementes foram primeiramente descascadas, antes de serem dispostas nos gerbox, e, então, cobertas com 100g de solo peneirado. Por fim, os gerbox foram levados, tampados, ao germinador a 30°C. Com este teste, foram avaliados o vigor e a germinação das sementes de cada parcela, através de contagens aos 3 e 4 dias após a semeadura, respectivamente.

### **3.2.3. Envelhecimento acelerado**

No teste de envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999), as sementes de cada unidade experimental foram expostas a condições de alta temperatura

(42°C) e de alta umidade relativa por um período de 72 horas. Foi utilizado o “método de gerbox”, onde 7g das sementes de cada parcela foram distribuídas em telas de alumínio adaptadas em gerbox contendo 40ml de água. Em seguida, estes foram colocados em câmara de BOD por um período de 72 horas, após o qual foi efetuado o teste de germinação.

#### **3.2.4. Teste de frio**

Para análise de vigor, também foi realizado o teste de frio conforme descrito em BARROS et al. (1999), sendo distribuídas 4 subamostras de 50 sementes – obtidas de cada unidade experimental - entre duas folhas de papel mata-borrão previamente umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos de papel foram colocados em sacos plásticos e mantidos em câmara BOD (Biological Organism Development) por sete dias à temperatura de 10°C. Após este período, os rolos foram colocados no germinador, e mantidos nas mesmas condições do teste de germinação, de forma que foi realizada a contagem de plântulas normais depois de sete dias neste equipamento.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A comparação entre os resultados encontrados e a literatura pesquisada comprova a afirmação de MARCHEZAN et al. (2001), que a divergência sobre a aplicação de micronutrientes verificada na pesquisa está relacionada ao tipo de solo onde são instalados os experimentos, bem como às diferentes condições de clima verificadas de local para local, entre anos de avaliação.

### **Rendimento de grãos, componentes do rendimento e esterilidade de espiguetas**

Nenhum dos três componentes de rendimento avaliados, tais quais o número de panículas por m<sup>2</sup>, o número de grãos por panícula e o peso de 1000 sementes, nem o percentual de esterilidade e o rendimento de grãos apresentaram efeito estatístico relacionado com as diferentes épocas de aplicação de boro, conforme ilustrado na Tabela 1. FREITAS et al. (2003) obtiveram resultados similares com a aplicação de boro em arroz irrigado por aspersão.

Tabela 1. Efeito da aplicação de boro sobre o número de panículas.m<sup>-2</sup>, grãos.panícula<sup>-1</sup>, esterilidade (%), peso de 1000 sementes (g) e produtividade (kg.ha<sup>-1</sup>), na cultivar IRGA 422CL de arroz irrigado. Pelotas, RS. 2006.

Tratamentos	Panículas.m <sup>-2</sup>	Grãos.panícula <sup>-1</sup>	Esterilidade (%)	Peso de 1000 sementes (g)	Rendimento de grãos (t.ha <sup>-1</sup> )
T1	550a	77,8a	19,28a	29,6a	5,65a
T2	434a	81,9a	17,03a	29,6a	5,67a
T3	542a	72,3a	17,26a	30,1a	5,76a
T4	560a	73,2a	17,73a	29,7a	5,86a
T5	521a	75,8a	18,08a	29,4a	5,62a
T6	540a	74,5a	18,60a	29,7a	6,13a
CV (%)	13,69	5,81	6,18	1,29	6,69

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

T1 - ausência de aplicação de boro (testemunha); T2 - aplicação de boro na base (semeadura); T3 - aplicação de boro em cobertura no perfilhamento; T4 - aplicação de boro em cobertura por ocasião da diferenciação do primórdio floral (DPF); T5 - aplicação de boro em cobertura no emborrachamento (período de desenvolvimento da panícula); T6 - aplicação de boro em cobertura na floração plena.

**Número de panículas por m<sup>2</sup>:** O número de panículas por m<sup>2</sup> é definido entre a germinação (S0) e o início do desenvolvimento da panícula (R0). Conforme apresentado na TABELA 1, este componente do rendimento não foi afetado pela aplicação de borato de sódio, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, já que o suprimento de boro não afetou a formação de perfilhos na planta. Isto é percebido em função dos tratamentos prévios ao perfilhamento não terem tido diferença às adubações mais tardias com boro. BLEVINS & LUKASZEWSKI (1998) afirmam que gramíneas apresentam menor requerimento de boro para manter um crescimento vegetativo normal, mas precisam tanto boro quanto outras espécies no estágio reprodutivo. Já DUNN et al. (2005) relatam efeito da aplicação de boro no solo sobre o crescimento vegetativo e o perfilhamento. O número de panículas está diretamente relacionado à fase de crescimento vegetativo, e é determinado pelo número de perfilhos das plantas, sendo que a densidade de semeadura e a adubação nitrogenada são os principais fatores que influenciam este componente.

**Número de grãos por panícula:** O período compreendido entre os estágios de iniciação da panícula (R0) e polinização (R4) é fundamental para a definição do número de grãos por panícula. Como não houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados (Tabela 1), conclui-se que não houve efeito na diferenciação do primórdio floral, na microesporogênese e no crescimento do tubo polínico, conforme salientado por WANG et al. (2003). Resultados obtidos por HOSSAIN et al. (2001) indicam importância fundamental do suprimento de boro para a formação de grãos no arroz.

**Esterilidade:** No arroz, segundo RASHID et al. (2004), o aumento da produtividade, com o suprimento de boro, se dá, principalmente, como consequência da redução de panículas estéreis. Os autores verificaram efeito da aplicação de boro em duas cultivares de arroz, com aumento do rendimento e qualidade do grão. DELL & HUANG (1997), afirmam que deficiências de boro podem afetar a microesporogênese e o crescimento do tubo polínico, resultando no aumento de espiguetas vazias (estéreis).

No presente trabalho, os valores encontrados para esterilidade de espiguetas (Tabela 1) apresentaram-se relativamente altos. Entretanto, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos, o que indica que a disponibilidade de boro não foi o fator preponderante na manifestação da esterilidade.

**Peso de 1000 Sementes:** A avaliação do peso de mil sementes das diferentes épocas de aplicação de boro demonstrou que o micronutriente não influenciou no enchimento dos grãos, já que não houve diferença estatística entre os tratamentos. O peso variou entre 29,4g, na aplicação de boro na DPF, e 30,1g, quando o nutriente foi aplicado no início do perfilhamento. Os resultados sinalizam que não houve deficiência de boro após a antese, pois conforme DELL & HUANG (1997), em casos de disponibilidade insuficiente do nutriente há prejuízo à embriogênese, com o conseqüente aborto de sementes ou a má formação dos frutos.

**Rendimento de grãos:** O rendimento de grãos por hectare (Tabela 1) não foi estatisticamente afetado pelos tratamentos aplicados. GARG et al. (1979), YU & BELL (1999), DUNN et al. (2005) e RASHID et al. (2000) relataram respostas significativas na produtividade de arroz quando a cultura foi tratada com aplicações de boro. Segundo SLATON et al. (2002), o boro, quando benéfico à produtividade, teria maior efeito aplicado nos estágios iniciais do desenvolvimento reprodutivo, próximo à iniciação da panícula.

### Qualidade Fisiológica das Sementes

Assim como para os aspectos físicos, a análise estatística não mostrou efeito significativo das aplicações de boro sobre os aspectos fisiológicos, demonstrando que o nutriente não foi limitante para o fator da qualidade das sementes produzidas. Os resultados das avaliações realizadas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Efeito da aplicação de boro sobre a germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado e tríplice teste na cultivar IRGA 422CL de arroz irrigado. Pelotas, RS. 2006.

Tratamentos	Germinação (%)	Teste de frio (%)	Envelhecimento acelerado (%)	Tríplice teste vigor (%)	Tríplice teste germinação (%)
T1	84a	71a	83a	81a	86a
T2	82a	69a	80a	77a	81a
T3	80a	67a	78a	75a	82a
T4	79a	70a	78a	73a	80a
T5	84a	72a	79a	75a	82a
T6	81a	71a	79a	74a	83a
CV (%)	2,63	4,22	3,32	6,80	3,06

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

T1 - ausência de aplicação de boro (testemunha); T2 - aplicação de boro na base (semeadura); T3 - aplicação de boro em cobertura no perfilhamento; T4 - aplicação de boro em cobertura por ocasião da diferenciação do primórdio floral (DPF); T5 - aplicação de boro em cobertura no emborrachamento (período de desenvolvimento da panícula); T6 - aplicação de boro em cobertura na floração plena.

**Germinação:** A aplicação do teste de germinação às porções de sementes puras de cada tratamento demonstrou ausência de efeito da aplicação de boro, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), sobre o percentual de plântulas normais formadas. BEVILAQUA et al. (2002), trabalhando com soja, verificaram que a aplicação de Ca e B aumentou o peso de grãos por planta, mas não afetou a qualidade fisiológica das sementes.

**Teste de frio:** A contagem de plântulas normais, após a realização do teste de frio, não apresentou diferenças entre os níveis do fator pesquisado, de forma que a aplicação de boro não causou efeito no vigor das sementes. Plantas deficientes em boro podem apresentar grãos mais leves, grãos mal formados ou embriões deficientes (DELL & HUANG, 1997; BLEVINS & LUKASZEWSKI, 1998; RASHID et al., 2004). Como não houve diferenças entre os tratamentos, para estes aspectos, o estudo revela que a disponibilidade de boro não foi limitante à embriogênese e, assim, não houve a formação de sementes de diferente vigor.

**Envelhecimento acelerado:** da mesma forma que o teste de frio, o teste de germinação com envelhecimento precoce das sementes revelou ausência de efeito da aplicação de boro sobre o vigor das sementes de arroz irrigado produzidas.

**Tríplice Teste:** A realização do tríplice teste não demonstrou ocorrência de efeito do suprimento de boro sobre a qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado produzidas, quer seja sobre a germinação ou sobre o vigor das mesmas.

## **5 CONCLUSÕES**

A aplicação de boro na forma de borato de sódio, em diferentes estádios de crescimento, não influencia o rendimento de grãos, nem os componentes do rendimento e a esterilidade de espiguetas de arroz irrigado, da mesma forma que não tem efeito sobre a qualidade fisiológica das sementes produzidas.

## 6 REFERENCIAS

BARBOSA FILHO, M.N.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. **Correção de deficiências em arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 21p. 1999.

BARROS, A. S. R.; DIAS, M. C. L. L.; CÍCERO, S. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de Frio. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap.5, 1999.

BEVILAQUA, G.A.P.; SILVA FILHO, P.M.; POSSENTI, J.C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**. v.32, n.1, p31-34, 2002.

BLEVINS, D. G.; LUKASZEWSKI, K. M. Boron in plant structure and function. Annual Reviews. **Plant Physiology Molecular Biology**. v. 49, p. 481–500, 1998.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**. v. 193, p. 71-83, 1997.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira : grãos : décimo segundo levantamento, setembro 2007 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2007. 24 p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/12\\_levantamento\\_set2007.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/12_levantamento_set2007.pdf)>. Acesso em: 11 de abr.2008.

CQFS RS/SC (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC) **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. SBCS – Núcleo Regional Sul. 10.ed. Porto Alegre, 400p. 2004.

DECHEN, A.R., HAAG, H.P., CARMELLO, Q.A.C. Mecanismos de absorção e de translocação de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C.P. (Ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba : Potafós/CNPq, p.79-97, 1991.

DELL, B.; HUANG, L. Physiological response of plants to low boron. **Plant and Soil**. v.193, p. 103–120, 1997.

DUNN, D.; Stevens, G.; Kendig, A. Boron fertilization of rice with soil and foliar applications. **Crop Management**. [Online]. 2005. Disponível em: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2005/boron/>

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 403p. 2006.

FAO - The Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production of selected agricultural commodities. 2004.

FAVARIN, J.L.; MARINI, J.P. A importância dos micronutrientes para a produção de grãos. **A Lavoura**. Rio de Janeiro, p. 29-31, jun. 2000.

GARG, O.; SHARMA, A.; KONA, G. Effect of boron on the pollen vitality and yield of rice plants (*Oryza sativa* L. var. Jaya). **Plant and Soil**. v. 52, p. 591-594, 1979.

GUTTERRES, J. F. **Disponibilidade de boro para as plantas em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1986. 68p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986.

HOSSAIN, M. B.; KUMAR, T. N.; AHMED, S. Effect of Zinc, Boron and Molybdenum Application on the Yield and Nutrient Uptake by BRRI Dhan 30. **Journal of Biological Sciences** 1 (8), p. 698-700. Bangladesh, 2001.

MALAVOLTA, E. Nutrição de plantas. In: FERRI, M.G. (org.) **Fisiologia vegetal**. São Paulo : EDUSP, v.1, 400p. 1985.

MARCHEZAN, E.; SANTOS, O.S.; ÁVILA, L.A.; SILVA, R.P. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada. **Ciência Rural**. v.31, n.6, p.941-945, 2001.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.3.1-3.24, 1999b

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of Plant Nutrition**. 3.ed. Bern, International Potash Institute, 1982. 655p.

OHSE, S.; MARODIN, V.; SANTOS, O.S.; LOPES, S.J.; MANFRON, P.A. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista Faculdade Zootecnia, Veterinária e Agronomia**. v.7, n.1, p.73-79, 2000.

RASHID, A., MUHAMMAD, S.; RAFIQUE, E. Genotypic variation in rice susceptibility to boron deficiency. **International Rice Research Notes**. Islamabad, Pakistan, 2000.

RASHID, A.; YASIN, M.; ASHRAF, M.; MANN, R.A. Boron deficiency in calcareous soil reduces rice yield and impairs grain quality. **International Rice Research Notes**, v. 29, n.1, p. 58-60, 2004.

SHORROCKS, V.M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant Soil** **193**: 121-148. Netherlands, 1997.

SLATON, N. A.; BOLLICH, P. K.; DUNN, D.; ROSS, J. R.; MOZAFFARI, M.; ESPINOSA, L. Rice Response to boron application rate and timing in Arkansas, Louisiana, and Missouri. In: **Arkansas Rice Research Studies**. Research Series 504, p. 315-320, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2004.

WANG, Q.; LU L.; LI Y.; LIN J. Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. **Tree Physiology**. v. 23, p. 345-351, 2003.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações agrônômicas**. n. 66. Potafos, 2000.

YU, X.; BELL, P.F. Boron deficiency in 'Bengal' rice (*Oryza sativa* L.) grown on a Louisiana rice- soil in the greenhouse. **Louisiana Rice Research Board**, USA, 1999.