

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**DENSIDADE DE SEMEADURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM  
COBERTURA NA ÉPOCA DE SEMEADURA TARDIA DE ARROZ IRRIGADO**

Thais Fernanda Stella de Freitas  
Engenheira Agrônoma / UFRGS

Dissertação apresentada como um dos  
requisitos à obtenção do grau de  
Mestre em Fitotecnia  
Área de Concentração Plantas de Lavoura.

Porto Alegre (RS), Brasil  
Abril de 2007

THAIS FERNANDA STELLA DE FREITAS  
Engenheira Agrônoma – UFRGS

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais, Rose e Fernando, pelo incentivo e toda dedicação à minha formação durante todos esses anos.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Paulo Regis Ferreira da Silva, exemplo de profissional, pela orientação durante o curso de Graduação e Pós-Graduação, pela dedicação, motivação e amizade.

Ao Instituto Rio Grandense do Arroz, pela parceria na realização deste trabalho, em especial aos Engenheiros Agrônomos Carlos Mariot, Valmir Menezes, Alexandre Lima e Hector Ramirez.

Aos meus pais, Fernando e Rose, e irmãos Thiago e Thércio, pelo apoio, incentivo e ensinamentos.

Aos bolsistas de iniciação científica Douglas Jandrey, Michael Serpa, Vladirene Macedo e Paulo César Endrigo e ao amigo Felipe Carmona, pelo auxílio na realização do trabalho e pela dedicação e interesse apresentados.

À bolsista Stela Terra, pela especial dedicação à realização do trabalho.

Aos colegas do Departamento de Plantas de Lavoura, pela agradável convivência, pela ajuda e pelo coleguismo, em especial ao Alexandre Piana e ao Mércio Luis Strieder.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia.

Ao CNPq e à FAPERGS, pelo apoio financeiro.

# DENSIDADE DE SEMEADURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NA ÉPOCA DE SEMEADURA TÁRDIA DE ARROZ IRRIGADO<sup>1</sup>

Autor: Thais Fernanda Stella de Freitas  
Orientador: Paulo Regis Ferreira da Silva

## RESUMO

O potencial de rendimento de grãos de arroz irrigado semeado em época tardia constitui-se em uma informação importante para tomada de decisão dos produtores. Lavouras semeadas fora da época recomendada têm produtividade limitada pelas condições climáticas desfavoráveis. O objetivo deste trabalho foi adequar práticas de manejo, como densidade de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura, para a semeadura do arroz irrigado no mês de dezembro no estado do Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2005/2006, em Cachoeirinha, Rio Grande do Sul. Os tratamentos constaram de duas épocas de semeadura, uma considerada preferencial (novembro) e outra tardia (dezembro), quatro densidades de semeadura (50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio em cobertura (sem N, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-divididas com três repetições. O número de panículas m<sup>-2</sup> foi o componente de rendimento que mais limitou a produtividade de grãos na época tardia, por não responder à adubação nitrogenada. A eficiência agronômica do nitrogênio aplicado foi menor na época tardia, limitando o desenvolvimento da planta. O rendimento de grãos diminuiu com o atraso da semeadura nos tratamentos com aplicação de N em cobertura independente da densidade de semeadura utilizada. A diminuição da dose de nitrogênio em cobertura pode diminuir a redução do rendimento. Sob baixa disponibilidade de nitrogênio, o arroz semeado na época tardia teve maior desenvolvimento.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (72p.) Abril, 2007.

# SEEDING RATE AND NITROGEN TOPDRESSING IN FLOODED RICE IN LATE SEEDING DATE<sup>1</sup>

Author: Thais Fernanda Stella de Freitas  
Adviser: Paulo Regis Ferreira da Silva

## ABSTRACT

Rice grain yield potential seeded after recommended date is an important information to support producers decision. Crop seeded after recommended period have limited productivity due to unfavorable climatic conditions. The objective of the present research was to adjust management practices as seeding rate and nitrogen topdressing for flooded rice seeded on december in Rio Grande do Sul, Brazil. Field experiment was carried out in 2005/2006, in Cachoeirinha, Rio Grande do Sul, Brazil. The treatments consisted of two seeding dates, recommended (november) and late (december), four seeding rates (50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) and four nitrogen rates (no N, 60, 120 and 180 kg ha<sup>-1</sup>). Number of panicles m<sup>-2</sup> was the most limiting yield component in late seeding because did not respond to the nitrogen applied. The nitrogen agronomic efficiency in late seeding date was lower, limiting plant development. Grain yield decreased with seeding delay when nitrogen was applied besides the seeding rate. Nitrogen topdressing reduction decreased yield loss. Late seeded rice under lower available nitrogen had better development.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (72p.) April, 2007.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Importância da época de semeadura em arroz irrigado .....	7
2.2. Adequação da densidade de semeadura e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura para a época tardia de semeadura do arroz irrigado.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. Local de execução.....	17
3.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	18
3.3. Procedimento experimental .....	19
3.4. Parâmetros avaliados.....	20
3.4.1. Condições climáticas .....	20
3.5. Determinações realizadas .....	20
3.5.1. Densidade inicial de plantas .....	20
3.5.2. Número de perfilhos por planta .....	20
3.5.3. Rendimento de matéria seca da parte aérea da planta no estádio de emborrachamento ( $R_2$ ) .....	21
3.5.4. Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea da planta no estágio de emborrachamento ( $R_2$ ) .....	21
3.5.5. Ciclo de desenvolvimento .....	21
3.5.6. Rendimento de grãos.....	21
3.5.7. Componentes do rendimento de grãos .....	22
3.5.8. Quantidade de nitrogênio acumulada e rendimento de matéria seca da parte aérea na colheita.....	22
3.5.9. Eficiência Agronômica do nitrogênio (EAN) .....	23

## SUMÁRIO (continuação)

	Página
3.5.10. Análise estatística .....	23
4. RESULTADOS .....	24
4.1 Condições climáticas .....	24
4.2. Parâmetros relacionados ao desenvolvimento da planta .....	28
4.2.1. Densidade inicial de plantas .....	28
4.2.2. Número de perfilhos por planta.....	29
4.2.3. Rendimento de matéria seca da parte aérea no emborrachamento (R <sub>2</sub> ).....	31
4.2.4. Quantidade de N acumulada na parte aérea da planta no emborrachamento (R <sub>2</sub> ) .....	33
4.2.5. Rendimento de matéria seca da parte aérea na colheita (R <sub>9</sub> ).....	34
4.2.6. Quantidade de N acumulada na parte aérea da planta na colheita (R <sub>9</sub> ).....	37
4.2.7. Eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN).....	39
4.2.8. Ciclo de desenvolvimento .....	41
4.3. Rendimento de grãos e componentes .....	42
4.3.1. Rendimento de grãos .....	42
4.3.2. Número de panículas m <sup>-2</sup> .....	45
4.3.3. Número de grãos panícula <sup>-1</sup> .....	47
4.3.4. Esterilidade de espiguetas .....	48
4.3.5. Peso do grão.....	49
5. DISCUSSÃO .....	50
6. CONCLUSÕES .....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
8. APÊNDICES .....	67



## RELAÇÃO DE FIGURAS

### Página

Figura 1. Densidade inicial de plantas em função da densidade de semeadura, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio .....	29
Figura 2. Número de perfilhos por planta de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de adubação nitrogenada em cobertura .....	30
Figura 3. Número de perfilhos por planta de arroz irrigado no estágio V <sub>8</sub> em função da dose de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de semeadura .....	31
Figura 4. Rendimento de matéria seca da parte aérea de arroz irrigado no emborrachamento em função de dose de nitrogênio em cobertura e época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura .....	32
Figura 5. Quantidade de nitrogênio (N) acumulada na parte aérea da planta de arroz irrigado no emborrachamento em função de dose de nitrogênio em cobertura e época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura. ....	34
Figura 6. Rendimento de matéria seca da parte aérea de arroz irrigado na colheita em função de dose de nitrogênio em cobertura e época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura.....	35
Figura 7. Rendimento de matéria seca da parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de densidade de semeadura, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura e duas épocas de semeadura .....	36

## RELAÇÃO DE FIGURAS (continuação)

Página

Figura 8. Quantidade de nitrogênio (N) acumulada na parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de dose de nitrogênio em cobertura e de época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura .....	38
Figura 9. Quantidade de nitrogênio (N) acumulada na parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de densidade de semeadura, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura e duas épocas de semeadura .....	39
Figura 10. Eficiência agronômica do nitrogênio (EAN) aplicado em cobertura em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura. ....	40
Figura 11. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de época de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura, na média de quatro densidades de semeadura .....	43
Figura 12. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de quatro doses de nitrogênio e duas épocas de semeadura .....	45
Figura 13. Número de panículas de arroz irrigado por metro quadrado em função de dose nitrogênio em cobertura e época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura .....	46
Figura 14. Número de panículas de arroz irrigado por metro quadrado em função de densidade de semeadura, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio em cobertura .....	47
Figura 15. Número de grãos por panícula de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio em cobertura .....	48
Figura 16. Esterilidade de espiguetas de arroz irrigado em função de densidade de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura nas épocas de semeadura preferencial e tardia.....	49

## RELAÇÃO DE TABELAS

	<b>Página</b>
Tabela 1. Temperaturas (°C) máxima e mínima do ar e radiação solar diária (Cal cm <sup>-2</sup> ) ocorridas durante o período experimental na EEA/IRGA e normais de trinta anos do primeiro, segundo e terceiro decênio de cada mês .....	25
Tabela 2. Teor de N total (mg l <sup>-1</sup> ) nos locais de captação e drenagem da água utilizada para irrigação no experimento.....	28
Tabela 3. Duração dos sub-períodos e número de dias da emergência até os estádios de diferenciação do primórdio da panícula (D.P.P.), emborrachamento (R <sub>2</sub> ) e colheita do arroz irrigado em função de época de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura .....	42
Tabela 4. Rendimento de grãos de arroz irrigado (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas épocas de semeadura, quatro densidades de semeadura e quatro doses de adubação nitrogenada em cobertura .....	44

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o alimento básico para as populações de 17 países do continente asiático, nove do continente americano e oito do africano (FAO, 2002). Nos países em desenvolvimento, contribui com 715 kcal *per capita* por dia, representando 27% da energia, 20% da proteína e 3% da gordura da dieta (FAO, 2002). Na dieta da população mundial fornece 20% da energia, enquanto o trigo é responsável por 19% e o milho por 5% (FAO, 2004).

Atualmente, a produção mundial de grãos de arroz em casca de 608 milhões de toneladas supre a sua demanda (IRRI, 2005). No entanto, no ano de 2020, a necessidade deste cereal será de, aproximadamente, 760 milhões de toneladas (FAO, 2001). A maioria dos países produtores não dispõe de área agricultável necessária para expandir a produção de grãos. Portanto, a maior demanda deve ser atendida pelo aumento da produtividade.

No Brasil, o arroz é uma das culturas mais importantes, com contribuição na produção nacional de grãos entre 15 e 20% (CONAB, 2005). É cultivado em praticamente todo o País e tem consumo difundido em todas as classes sociais. Ocupa posição de destaque sob o ponto de vista econômico e social, principalmente no estado do Rio Grande do Sul que, com pouco menos de um terço da área semeada no Brasil (1,02 milhões de ha no RS, de um total de

2,99 milhões de ha no Brasil), produziu mais de 50% da produção nacional em 2005/2006 (6,8 milhões de toneladas, de um total de 11,5 milhões de toneladas), com produtividade média de  $6.610 \text{ kg ha}^{-1}$ , o dobro da produtividade média brasileira (IRGA, 2006).

As exigências climáticas de uma cultivar de arroz irrigado de ciclo médio determinam que, para emergência e desenvolvimento adequados da planta, o período recomendado para semeadura inicie entre 01 e 21 de outubro na maior parte do Estado (SOSBAI, 2005). A exceção é feita à região da Fronteira Oeste, onde a temperatura do ar é maior, em que se recomenda a semeadura de cultivares de ciclo médio a partir de 21 de setembro. O término do período preferencial de semeadura de cultivares de ciclo médio em todas as regiões é em 20 de novembro (SOSBAI, 2005). Para cultivares de ciclo precoce, a época recomendada para semeadura inicia-se de 11 a 21 de outubro, dependendo da região, e se encerra em 10 de dezembro em todas as regiões. Portanto, a maior parte do Estado tem uma faixa de, no máximo, 50 dias para semear anualmente mais de um milhão de hectares, o que requer elevados investimentos pelos produtores em maquinário e mão de obra.

Outro aspecto a ressaltar é a ocorrência periódica do fenômeno climático El Niño Oscilação Sul (ENOS), que diminui a possibilidade de se semear na época preferencial devido ao excesso de precipitação pluvial nos meses de preparo de solo e semeadura precoce (setembro e outubro). Este evento ocorreu em 30% dos anos entre o período de 1944 e 2000 (Carmona & Berlato, 2001). Considerando que apenas 11% da área do Estado é cultivada no sistema pré-germinado (IRGA 2006), 89% da área de cultivo de arroz irrigado depende das condições climáticas para ser semeada, estando, portanto, suscetível a condições

adversas de temperatura do ar e de pluviosidade. Na safra 2004/2005, em que as condições climáticas foram favoráveis à semeadura na época recomendada, 78% da área semeada no Estado foi concluída até o dia 15 de novembro (IRGA, 2006). Assim, mesmo em um ano favorável à semeadura na época recomendada, mais de 20% das lavouras do Estado tiveram a produtividade e a qualidade de grãos comprometidas antes mesmo de serem semeadas, devido ao atraso na época, o que limita a otimização de uso dos fatores climáticos.

A antecipação da semeadura do arroz para o mês de setembro, exceto na região orizícola da Fronteira Oeste, ainda não se constitui em alternativa viável para contornar este problema, pois as cultivares atualmente disponíveis não são tolerantes a temperaturas baixas nos estádios de germinação e emergência. A busca de cultivares tolerantes a baixas temperaturas nos períodos de germinação e emergência tem sido o objetivo de muitos programas de melhoramento genético no Estado (Cruz et al, 2006), visto que a temperatura do solo de 10°C é citada como crítica, abaixo da qual não ocorre a emergência de plântulas (Yoshida, 1981). Desta forma, enquanto não houver cultivares adaptadas a temperaturas baixas na emergência e nos estádios iniciais de desenvolvimento da plântula, a ampliação do período favorável para semeadura do arroz irrigado na maior parte do estado do Rio Grande do Sul ocorre por semeaduras realizadas após o final da época preferencial, já no mês de dezembro. Outro fator que muitas vezes impossibilita a semeadura do arroz na época preferencial é a má drenagem do solo, que impede o preparo, especialmente nos sistemas de semeadura em solo seco (convencional, cultivo mínimo e semeadura direta) quando não se faz a adequação necessária da área.

No período recomendado de semeadura, já foram realizados estudos para determinar a densidade de semeadura e a dose de nitrogênio em cobertura mais adequadas, tanto no sistema convencional (Mariot et al., 2003) quanto no pré-germinado (Carmona, 2002). Nas semeaduras realizadas após o período favorável, especialmente em regiões mais sujeitas à ocorrência de temperaturas baixas na fase reprodutiva do arroz, é recomendada a utilização de menor quantidade de sementes por unidade de área, para aumentar a desuniformidade de idade entre os perfilhos e, com isto, proteger a lavoura de grandes perdas de produtividade e qualidade de grãos (SOSBAI, 2005). Contudo, não se dispõe de dados experimentais que dêem suporte a esta recomendação e que quantifiquem a redução que deve ser realizada na densidade de semeadura. Neste sentido, é importante identificar o(s) componente(s) de rendimento mais afetado(s) pela semeadura tardia como subsídio para recomendação da densidade ótima.

Da mesma forma, a resposta à adubação nitrogenada em cobertura em arroz irrigado está muito associada à época de semeadura. A maior eficiência de uso do nitrogênio (N) é obtida quando ocorre alta radiação solar nos períodos reprodutivo e de formação e início de enchimento de grãos (Yoshida & Parao, 1976). Por outro lado, na semeadura tardia há maior incidência de moléstias, fato que pode ser agravado com aplicação de altas doses de N em cobertura (Fageria et al., 1997). Isto determina maior cautela na recomendação da dose de N na época de semeadura tardia, geralmente se reduzindo a dose a ser aplicada. Com isto, há redução do número de perfilhos produzidos por planta e, conseqüentemente, do principal componente do rendimento, número de panículas por metro quadrado, limitando o potencial de rendimento de grãos. Desta forma, a adubação nitrogenada em cobertura pode ser manipulada na época de

semeadura tardia com objetivo de minimizar as perdas que se verificam no potencial de rendimento de grãos. É provável que nesta época de semeadura haja interação dos fatores densidade de semeadura e dose de N aplicada em cobertura, justificando a necessidade de estudos para sua identificação.

Através da recomendação de práticas de manejo viáveis aos produtores, como a utilização de densidade de semeadura e adubação nitrogenada adequadas, pode-se manipular os componentes de rendimento para minimizar as perdas no rendimento de grãos que ocorrem atualmente na época tardia de semeadura.

Diante do exposto, é importante a quantificação dos prejuízos que ocorrem com a semeadura tardia do arroz no Estado. Assim, os objetivos do trabalho foram:

- 1) Identificar o(s) componente(s) do rendimento do arroz irrigado que mais limita(m) o rendimento de grãos na semeadura tardia e
- 2) Adequar a densidade de semeadura e a dose de nitrogênio aplicada em cobertura para diminuir os prejuízos no rendimento de grãos que ocorrem na época de semeadura tardia de arroz irrigado.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A determinação do potencial de rendimento de grãos de uma cultura semeada fora da época recomendada pela pesquisa é uma ferramenta importante para tomada de decisão dos produtores. Esta informação possibilita mensurar a perda de rendimento que ocorre quando as condições climáticas não permitem a realização da semeadura na época recomendada ou quando é necessário replantar a lavoura. Em lavouras de arroz irrigado semeadas ainda no mês de outubro, não são raras as vezes em que as baixas temperaturas do solo e do ar, principalmente à noite, prejudicam o estabelecimento da lavoura, determinando a necessidade de se realizar nova semeadura.

A adoção isolada de algumas práticas de manejo não garante alta produtividade, pois o rendimento de grãos é resultado da interação de todos os fatores que interferem no sistema de produção. A densidade de semeadura e a adubação nitrogenada são dois fatores facilmente manejáveis que, junto com temperatura, radiação solar e outras práticas de manejo, determinam o potencial de rendimento de uma determinada cultivar. Em lavouras com alta densidade de plantas, não é recomendado utilizar as quantidades de adubo de base e de adubo nitrogenado em cobertura recomendadas para obtenção de alta produtividade, pois o maior número de plantas por metro quadrado aumenta a concorrência por

luz e nutrientes, favorecendo o surgimento de doenças e o acamamento de plantas (Menezes et al., 2004).

### **2.1. Importância da época de semeadura em arroz irrigado**

Trabalhos de pesquisa que estudam a época de semeadura de arroz irrigado têm sido conduzidos desde 1940 (Adair, 1940). As semeaduras realizadas após o período recomendado limitam a produtividade das lavouras devido às adversidades climáticas para o desenvolvimento da planta, como menor disponibilidade de radiação solar no período compreendido entre 21 dias antes e após a floração e baixas temperaturas do ar nos estádios de pré-floração (microsporogênese) e floração. Mesmo assim, é importante mensurar o potencial de rendimento das culturas quando semeadas fora da época recomendada. Em soja (*Glycine max* (L.) Merr.), o rendimento de grãos diminui em 1 a 2% para cada dia de atraso nas semeaduras após 15 de junho e em 2 a 3% para cada dia de atraso nas semeaduras após 01 de julho nos Estados Unidos da América (Ashlock et al., 2000). Essas informações são importantes para os agricultores quando as condições climáticas não permitem que a semeadura seja realizada na época recomendada ou quando é necessário replantar a lavoura devido ao baixo índice de estabelecimento das plantas.

O rendimento de grãos de arroz irrigado está associado ao rendimento de matéria seca produzida (Duy et al., 2004). Segundo estes autores, o número e o tamanho de espiguetas são determinados pela matéria seca acumulada antes do florescimento, enquanto o peso do grão é função da translocação de fotoassimilados e da taxa e duração da fotossíntese após o florescimento. Por sua

vez, o rendimento de matéria seca é definido pelas características genéticas da cultivar, pelas condições do ambiente e pelas práticas de manejo adotadas na lavoura.

A disponibilidade de fotoassimilados para produção de grãos é determinada pela assimilação de carbono (C) durante o período de enchimento de grãos e pela reserva de C acumulada na parte vegetativa da planta (Cock & Yoshida, 1972). A contribuição relativa de cada uma destas duas parcelas é variável, sendo que o acúmulo no período anterior à antese pode contribuir com 20 a 40% do rendimento de grãos, dependendo da cultivar (Yoshida, 1972). Cultivares modernas, com alto potencial de rendimento de grãos, têm pouca reserva de carboidratos não estruturais, sendo muito dependente da contribuição da fotossíntese durante o enchimento de grãos para atingir altos rendimentos (Nagata et al. 2001).

Ao comparar cultivares modernas e antigas em semeadura tardia em dois locais dos Estados Unidos, Slaton et al. (2003) encontraram que os rendimentos de grãos e de matéria seca de todas as cultivares responderam de forma quadrática quando a semeadura foi atrasada, porém, com menor intensidade nas cultivares modernas. Em todas as situações, a diminuição dos rendimentos de grãos e de matéria seca foi atribuída à redução da duração do período vegetativo que ocorre com o atraso da semeadura.

Nos períodos reprodutivo e de formação e enchimento de grãos, a disponibilidade de radiação solar determina a formação de grãos de pólen e a fertilização de espiguetas de arroz. Esse período ocorre entre três semanas antes e três semanas após o início da floração. Alguns estudos (Stansel, 1975; Pulver & Menezes, 2003) mostram que nesses períodos há relação linear positiva entre

essa variável climática e o rendimento de grãos. Yoshida & Parao (1976) obtiveram maiores incrementos em produtividade com níveis crescentes de radiação solar durante os períodos reprodutivo e maturação. Na fase reprodutiva, a incidência de 25% da radiação solar máxima reduziu em até 40% o número de espiguetas por unidade de área, reduzindo a produtividade de 7.110 kg ha<sup>-1</sup> para 3.210 kg ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, Kobata et al. (2000) não verificaram redução no rendimento de matéria seca da parte aérea quando o arroz foi submetido a um período de 10 dias de sombreamento durante o florescimento e depois exposto à condição inicial, sem limitação de radiação. Com redução da radiação em 75%, 50% e 25% logo após a exserção da panícula, apenas o número de espiguetas por panícula dos perfilhos foi afetado.

Além da radiação solar, a temperatura do ar durante a fase reprodutiva também é determinante para obtenção de elevados rendimentos de grãos, sendo a ótima entre 30 e 33°C na floração e entre 20 e 25°C na maturação de grãos (Yoshida, 1981). Na antese, temperaturas baixas (inferiores a 15°C) prejudicam a deiscência das anteras e o crescimento do tubo polínico, resultando em baixa fecundação de espiguetas (Souza, 1990). Os prejuízos causados por temperaturas baixas durante o período reprodutivo são superiores a 20% em lavouras comerciais das regiões orizícolas do Rio Grande do Sul (Terres & Galli, 1985). A ocorrência de temperaturas baixas reduz a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos e aumenta a duração do período de enchimento de grãos, retardando a sua maturação (Kobata & Uemuki, 2004).

## **2.2. Adequação da densidade de semeadura e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura para a época tardia de semeadura do arroz irrigado**

Nos sistemas de produção, os fatores tecnológicos podem ser divididos em fatores de “construção da produtividade” e fatores de “proteção da produtividade” (Coelho et al., 2003). Os fatores de construção da produtividade são os que definem a produção de grãos por unidade de área, através da adequação da cultivar utilizada, da fertilidade do solo, da otimização do uso da água e da utilização apropriada da temperatura e da radiação solar e do manejo cultural. Os fatores de proteção da produtividade são os que possibilitam a colheita da produção construída, como controle de plantas invasoras, pragas, doenças e cuidados durante a colheita. Quando se combinam os fatores de construção com os de proteção da produtividade, uma dada cultura poderá expressar seu potencial de rendimento, de acordo com o conceito proposto por Evans & Fischer (1999). Estes autores definem como potencial de rendimento das culturas o rendimento obtido quando elas são cultivadas em ambiente ao qual estão adaptadas, sem limitações nos suprimentos de água e de nutrientes e com controle efetivo de estresses bióticos ou abióticos.

A lacuna existente entre as produtividades obtidas em trabalhos de pesquisa e a média das lavouras comerciais de arroz irrigado do estado do Rio Grande do Sul tem sido atribuída, principalmente, à elevada incidência de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), principal espécie de planta daninha, e à ocorrência de fatores climáticos adversos durante o desenvolvimento da cultura, seguidos pela adoção de práticas de manejo inadequadas (Pinheiro et al., 2001). As condições climáticas adversas citadas por esses autores são as baixas temperaturas quando

a planta de arroz está nos estádios de microsporogênese e florescimento na semeadura tardia ou na emergência na semeadura precoce. Neste sentido, a época de semeadura é um fator determinante para a “construção” da produtividade em lavouras de arroz irrigado, devido à sensibilidade da planta a fatores ambientais adversos, especialmente no que diz respeito à temperatura do ar e à radiação solar, já que a disponibilidade hídrica não é um fator limitante na cultura.

O rendimento de grãos de arroz é formado por quatro componentes: número de panículas por unidade de área, número de espiguetas ou de grãos por panícula, percentagem de grãos cheios e peso do grão cheio (CIAT, 1986). Cada componente do rendimento é estabelecido em um determinado estágio de desenvolvimento da planta. O número de panículas por unidade de área é definido na fase vegetativa, o número de espiguetas por panícula na fase reprodutiva e o peso do grão na fase de formação e enchimento de grãos. Ao estudar a contribuição de cada componente para o rendimento de grãos, Matsushima (1995) verificou que a variação do peso do grão é muito pequena, na ordem de 3%, mesmo entre diferentes cultivares ou sistemas de cultivo. Assim, as intervenções de manejo que objetivem a obtenção de elevados rendimentos de grãos devem ser direcionadas aos outros três componentes.

Na maioria dos casos, o rendimento de grãos de arroz é limitado, principalmente, pelo número de espiguetas férteis por unidade de área (Yoshida et al., 2006). O número de grãos por panícula é inversamente proporcional ao número de panículas por unidade de área. O incremento da densidade de semeadura reduz os números de perfilhos por planta e de grãos formados por panícula (Matsushima, 1995). Diversos trabalhos foram realizados no estado do

Rio Grande do Sul para determinar a densidade de semeadura mais adequada para as cultivares e híbridos de arroz irrigado. Para as cultivares, a maioria dos resultados mostrou que o incremento da densidade de sementes de 100 para 200 kg ha<sup>-1</sup> aumenta a população inicial de plantas e os números de colmos e panículas por unidade de área, sem resultar, no entanto, em elevação do rendimento de grãos (Pedroso et al., 1980; Pedroso, 1987; Silva et al., 1995). Sob baixas densidades, os números de perfilhos por planta e grãos formados por panícula aumentam em relação aos obtidos com densidades mais elevadas, compensando, desta forma, o menor número inicial de plantas por unidade de área. Esta compensação que se verifica nos componentes de rendimento explica o fato de alguns autores não terem encontrado diferenças significativas no rendimento de grãos com variação na densidade de semeadura em uma faixa relativamente ampla (Gravois & Helms, 1992; Mariot et al., 2003).

Para os híbridos, a variação do rendimento de grãos em função de densidade de semeadura é ainda menor, sendo possível atingir produtividades superiores a 9 000 kg ha<sup>-1</sup> utilizando-se apenas 30 kg ha<sup>-1</sup> de sementes (Luzzardi et al., 2005). Eles também apresentam maior potencial de absorção de N pelas raízes e maior eficiência de seu uso do que as variedades (Yang et al., 1999). A maior eficiência de uso do N deve-se ao maior rendimento de grãos obtido por unidade aplicada deste nutriente (Yang et al., 1999). Assim, a resposta ao arranjo de plantas e à adubação nitrogenada, além de variar com as condições ambientais, depende da cultivar utilizada. A plasticidade de resposta de cada cultivar à densidade de semeadura está associada a sua capacidade de perfilhamento. Observa-se efeitos competitivo e compensatório entre perfilhos e seus componentes de rendimento, que promovem estabilidade do rendimento de

grãos de um dado genótipo numa ampla faixa de densidade de plantas (Wu et al., 1998).

A adequação da densidade de semeadura é também uma forma de controle cultural de plantas daninhas. Em áreas com alta infestação de plantas daninhas, como o arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), o incremento da densidade de semeadura, embora resulte em maior custo de sementes, é eficiente por tornar as plantas de arroz mais competitivas, especialmente quando combinado com utilização de menor espaçamento entrelinhas (Menezes & Silva, 1998).

No sistema de cultivo pré-germinado, a densidade de semeadura e a adubação nitrogenada assumem papel ainda mais relevante, pois o acamamento de plantas costuma ser fator limitante à obtenção de altos rendimentos de grãos. Quando o cultivo de arroz é combinado com criação de peixes (rizipiscicultura), o alto teor de matéria orgânica na camada superficial do solo, devido ao acúmulo de excreta dos peixes, aumenta a concentração de raízes nesta camada, estimulando o acamamento de plantas (Carmona, 2002). Este autor encontrou diferença no rendimento de grãos, no acamamento de plantas e no teor de proteína dos grãos da cultivar IRGA 417 em função de densidades de semeadura e entre cultivares (IRGA 417 e IRGA 419) quando cultivadas sob a mesma densidade de plantas.

Todos os trabalhos de pesquisa citados anteriormente foram realizados no período preferencial de semeadura de arroz irrigado. Contudo, o atraso na época de semeadura pode influenciar a escolha da densidade ótima por modificar o desenvolvimento da planta de arroz, principalmente o número de folhas emitidas e o ciclo de desenvolvimento das cultivares (Freitas et al., 2006). A época de semeadura tardia pode comprometer a formação de espiguetas, devido à menor



incidência de radiação solar e ocorrência de menor temperatura do ar durante a microsporogênese.

Na época de semeadura tardia, o uso de maior densidade de plantas poderia compensar o menor número de grãos formados por panícula devido à menor radiação solar incidente. Por outro lado, a adoção de menor densidade de semeadura nesta época resulta em maior perfilhamento da planta e, em consequência, em maior assincronia no florescimento e enchimento de grãos da panícula do colmo principal e dos perfilhos, o que pode ser uma estratégia para evitar prejuízos causados por temperaturas baixas durante os períodos reprodutivo e de formação e enchimento de grãos (SOSBAI, 2005).

Segundo o último censo realizado sobre a lavoura de arroz irrigado no estado do rio Grande do Sul, 49% da área de arroz semeada no estado utilizou mais de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes na estação de crescimento 2004/2005 (IRGA, 2006), quantidade excessiva segundo as recomendações vigentes para a cultura (SOSBAI, 2005). De modo inverso, este censo indica que a adubação nitrogenada em cobertura vem sendo efetuada em dose menor que a recomendada. A dose média aplicada em 2004/2005 nas lavouras de arroz do Estado foi de  $68,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, enquanto a dose recomendada para solos com teor de matéria orgânica menor que  $25 \text{ g kg}^{-1}$  é de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  para expectativa de rendimento de grãos entre  $6.000$  e  $9.000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Aumentos na produtividade de grãos de arroz têm sido atingidos devido ao uso de doses mais altas de adubos, especialmente os nitrogenados (Menezes et al., 2004). Devido a sua mobilidade e à grande capacidade de transformação (processos de desnitrificação, volatilização e lixiviação), o N é o nutriente que mais comumente limita o rendimento das culturas. A sua deficiência diminui a

fotossíntese devido às reduções na síntese e na atividade da enzima responsável pela assimilação de CO<sub>2</sub>, a RUBISCO (Makino et al., 1984). A deficiência de N também pode limitar o crescimento e o desenvolvimento das plantas de duas maneiras: pela diminuição da eficiência de conversão de energia, devido a maior partição de assimilados para formação de raízes, e pela redução da quantidade de radiação solar interceptada em função do menor desenvolvimento foliar (Gastal et al., 1992).

Para cada tonelada de grãos de arroz produzida são extraídos de 15 a 17 kg de N (Mae, 1997), sendo esta variação na eficiência de uso de N devida, entre outros fatores, a diferenças nas condições ambientais. Em anos com radiação solar e temperatura do ar mais elevadas, a resposta à adubação nitrogenada é maior para as diferentes cultivares (Scivittaro & Machado, 2004). Isto se deve ao fato de que a absorção e a translocação desse nutriente são mais eficientes sob temperaturas ao redor de 30°C. Neste sentido, Takenga (1995) mostra que, quando plantas de arroz irrigado são submetidas à baixa temperatura (17°C) e à baixa intensidade luminosa (50% da radiação incidente), há reduções na absorção de N e produção de matéria seca no final do estágio de perfilhamento.

Atualmente, a recomendação de adubação nitrogenada para o Sul do Brasil varia com a expectativa de rendimento de grãos e com o teor de matéria orgânica do solo, situando-se na faixa de 40 a 120 kg de N ha<sup>-1</sup> (Anghinoni, 2005). Além destes dois fatores, deve-se levar em consideração, especialmente na época de semeadura tardia, o fato de que a aplicação de N em excesso pode estimular o acamamento de plantas e a ocorrência de doenças como brusone (*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc). Com semeadura na época tardia, a planta de

arroz é submetida a temperaturas diurnas mais elevadas nos períodos vegetativo e reprodutivo, resultando em maior transpiração das folhas. Este fato aumenta as perdas de N pela transpiração, diminuindo a sua eficiência de uso (Silva, 1980).

Muitos trabalhos comprovam a resposta do arroz irrigado à adubação nitrogenada como fator de incremento do rendimento de grãos, por aumentar os números de colmos e de panículas por unidade de área (Singh & Pillai, 1996; Lopes et al., 1999a, Lopes et al., 1999b; Mariot et al., 2003). Baixas densidades iniciais de plantas podem ser compensadas pelo incremento do nível de N aplicado, uma vez que este nutriente estimula o perfilhamento e aumenta o número de grãos formados por panícula (Mariot et al., 2003). Entretanto, não se tem determinado em nível experimental na época de semeadura tardia até que ponto o incremento na adubação nitrogenada pode compensar baixas densidades iniciais de plantas.

Assim, faz-se necessária a condução de estudos para adequar a densidade de plantas e a dose de N aplicada em cobertura na época de semeadura tardia de arroz irrigado.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local de execução

Um experimento foi conduzido a campo durante a estação de crescimento 2005/06, na Estação Experimental do Arroz (EEA), do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), localizada no município de Cachoeirinha, região ecoclimática da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul, situada a 29°55'30" de latitude sul e a 50°58'21" de longitude oeste e altitude de 7 m.

O solo da área experimental é classificado como Gleissolo Háplico Ta Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). As amostras de solo, coletadas em agosto de 2005, apresentaram os seguintes resultados: teor de argila: 15 mg dm<sup>-3</sup>; pH (água): 5,3; índice SMP: 6,5; P (extraído pelo método Mehlich 1): 25,6 mg dm<sup>-3</sup>; K (extraído pelo método Mehlich 1): 35 mg dm<sup>-3</sup>; CTC<sub>pH 7,0</sub>: 6,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e Matéria Orgânica: 15 g kg<sup>-1</sup>.

O clima da região é do tipo subtropical úmido, conforme classificação de Köppen, sendo considerado como de transição entre os tipos Cfa<sub>1</sub> (isoterma anual inferior a 18°C) e Cfa<sub>2</sub> (isoterma anual superior a 18°C). A temperatura mínima média do ar é de 9,8°C no mês mais frio (julho) e a máxima é de 31,6°C no mês mais quente (janeiro). A precipitação pluvial média anual é de 1.425 mm e

a disponibilidade de radiação solar máxima é de  $502 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  no mês de dezembro.

A área do experimento esteve em pousio no ano agrícola anterior (2004/2005). No inverno de 2005 foi semeado azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sobre serradela nativa (*Ornitophus micranthus* (Benth.) Arechavaleta), formando uma cobertura de  $2.430 \text{ kg ha}^{-1}$  de matéria seca sobre o solo por ocasião da semeadura do arroz. Realizou-se a drenagem da área no mês de setembro, através da abertura de pequenos sulcos, em função da dificuldade de drenagem natural devida à sistematização em nível da área.

### **3.2. Tratamentos e delineamento experimental**

O experimento constou de duas épocas de semeadura, sendo a primeira no dia 02 de novembro de 2005, considerada preferencial para a região orizícola da Depressão Central, e a segunda no dia 09 de dezembro de 2005, considerada tardia para a região. Em cada época foram testadas quatro densidades de semeadura (50, 100, 150 e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes) e três doses de N em cobertura (60, 120 e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ ), além de uma testemunha sem aplicação de N, totalizando 32 tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com três repetições. As épocas de semeadura foram locadas nas parcelas principais e as combinações entre densidade de semeadura e nível de N nas sub-parcelas. Cada sub-parcela foi composta por dez linhas espaçadas em 0,17 m, com 10 m de comprimento, totalizando uma área de  $17 \text{ m}^2$ .

### 3.3. Procedimento experimental

O sistema de cultivo de arroz utilizado foi o de semeadura direta, em que a cobertura foi dessecada com herbicida glyphosate ( $480 \text{ g i. a. l}^{-1}$ ) na dose de  $4 \text{ l ha}^{-1}$ , 15 dias antes da semeadura de cada uma das duas épocas. Um dia antes da semeadura do arroz, procedeu-se a rolagem das plantas dessecadas com rolo faca. A semeadura foi realizada com semeadora-adubadora de parcelas de dez linhas. A cultivar utilizada foi a IRGA 420, de ciclo médio. A adubação de base foi aplicada em linha para expectativa de rendimento de grãos superior a  $9.000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Em todos os tratamentos, foi aplicada a adubação de  $350 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula NPK 5-20-30, equivalendo a  $17,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $105 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . As sementes foram previamente tratadas com o inseticida fipronil ( $40 \text{ g i.a. } 100 \text{ kg de sementes}^{-1}$ ) para controle preventivo da bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*) e com o fungicida a base de thiram e de carboxina ( $94 \text{ g i. a. } 100 \text{ kg de sementes}^{-1}$ ).

A adubação nitrogenada em cobertura foi feita manualmente a lanço, utilizando como fonte a uréia (45% de N). A aplicação das três doses de N em cobertura ( $60, 120$  e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi parcelada em duas épocas: 70% da dose no estágio  $V_3$ , antes do início da irrigação, e 30% da dose no estágio de desenvolvimento da planta denominado “green ring”, que é imediatamente anterior ao estágio  $R_0$  da escala proposta por Counce et al. (2000).

O controle de plantas daninhas foi realizado pela aplicação de herbicidas recomendados para a cultura em pós-emergência (SOSBAI, 2005). A irrigação por inundação teve início logo após a realização da primeira adubação nitrogenada em cobertura, com manutenção constante de uma lâmina de água de 5 a 10 cm de altura sobre o solo. A supressão da água ocorreu quando as plantas

estavam no estágio R<sub>7</sub>, no qual ao menos um grão da panícula do colmo principal apresenta a casca amarela.

### **3. 4. Parâmetros avaliados**

#### **3.4.1. Condições climáticas**

Os dados diários de temperatura máxima e mínima e da radiação solar durante o período de condução do experimento foram obtidos no posto agrometeorológico da EEA/IRGA.

### **3.5. Determinações realizadas**

As determinações de densidade inicial de plantas, número de perfilhos por planta e componentes do rendimento foram realizadas em um metro linear nas duas linhas centrais de cada sub-parcela, equivalendo à área de 0,34 m<sup>2</sup>.

#### **3.5.1. Densidade inicial de plantas**

A densidade inicial foi obtida pela contagem das plantas emergidas em um metro linear das duas linhas centrais, quando as plantas estavam entre os estádios V<sub>2</sub> e V<sub>3</sub>.

#### **3.5.2. Número de perfilhos por planta**

Este parâmetro foi obtido no estágio V<sub>8</sub> através da divisão do número de colmos existentes pela densidade inicial de plantas, subtraindo-se o algarismo 1 (um) referente ao colmo principal de cada planta.

### **3.5.3. Rendimento de matéria seca da parte aérea da planta no estágio de emborrachamento (R<sub>2</sub>)**

Foram coletadas duas amostras de um metro linear de cada sub-parcela, totalizando 0,34 m<sup>2</sup>, que foram secas em estufa a 60°C até atingir peso constante.

### **3.5.4. Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea da planta no estágio de emborrachamento (R<sub>2</sub>)**

Após a determinação do rendimento de matéria seca, a amostra utilizada foi moída, sendo avaliado o teor de N no tecido, seguindo a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). Foi realizada a multiplicação da matéria seca produzida pelo teor de N no tecido para calcular a quantidade de N acumulado na parte aérea das plantas.

### **3.5.5. Ciclo de desenvolvimento**

Foram avaliadas a duração dos subperíodos entre a semeadura e os estádios R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>, bem como o ciclo total nas duas épocas de semeadura.

### **3.5.6. Rendimento de grãos**

O rendimento de grãos foi obtido pela extrapolação da produção obtida na área útil da sub-parcela para um hectare, corrigindo-se a umidade para 130 g kg<sup>-1</sup>. A área colhida para avaliação foi de 11,5 m<sup>2</sup>,

Uma semana antes da colheita da época preferencial de semeadura ocorreu uma chuva de granizo, o que degranou muitas panículas. Em uma repetição de cada tratamento, foram recolhidos do chão os grãos de 1 m<sup>2</sup> da sub-



parcela, e o peso foi extrapolado para a área da subparcela e adicionado ao rendimento obtido em cada sub-parcela daquele tratamento.

### **3.5.7. Componentes do rendimento de grãos**

No momento da colheita, as plantas de cada metro linear marcado nas duas linhas centrais de cada sub-parcela foram colhidas separadamente e levadas ao Laboratórios de Fisiologia da Faculdade de Agronomia da UFRGS para análise dos quatro componentes do rendimento de grãos:

- Número de panículas  $m^{-2}$ : obtido pela razão entre número de panículas da amostra e a área colhida.
- Número de grãos panícula<sup>-1</sup>: calculado pela razão entre o número total de grãos formados e o número de panículas colhidas na área amostrada.
- Peso do grão: obtido pela pesagem de duas amostras de 200 grãos, contados manualmente, com correção da umidade para  $130 g kg^{-1}$ .
- Esterilidade de espiguetas: obtida pela contagem do número de espiguetas estéreis, que foram separadas da amostra por equipamento soprador de grãos, sendo expressa em percentagem em relação ao número total de espiguetas por panícula.

### **3.5.8. Quantidade de nitrogênio acumulada e rendimento de matéria seca da parte aérea na colheita.**

Foi realizado o mesmo procedimento do estágio R<sub>2</sub>, utilizando a amostra de plantas colhida para a análise dos componentes do rendimento de grãos, após a conclusão desta.

### **3.5.9. Eficiência Agronômica do nitrogênio (EAN)**

Foi calculado pela metodologia proposta por Baligar et al. (1990) para medir a eficiência de uso de qualquer nutriente, pela fórmula:

$$\text{EAN} = (\text{RF} - \text{RNF}) / \text{QNA},$$

onde RF é o rendimento de plantas fertilizadas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), RNF é o rendimento de plantas não fertilizadas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e QNA é a quantidade de nutriente aplicada em cobertura ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

### **3.5.10. Análise estatística**

Os dados obtidos dos oito primeiros parâmetros foram submetidos à análise de variância pelo teste F, utilizando-se o programa de processamento de dados SAS. Quando houve significância estatística para os efeitos simples de densidade de semeadura e dose de N aplicado e as interações desses fatores com época de semeadura, realizou-se a análise de regressão. Quando foi significativo o efeito simples de época de semeadura, utilizou-se o teste de Tukey para comparação de médias, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados da EAN foram submetidos à análise separada dos demais, por constarem de apenas três comparações (rendimento de grãos dos tratamentos que receberam 60, 120 e 180  $\text{kg ha}^{-1}$  de N em cobertura comparados ao tratamento sem aplicação de N) e não de quatro como os anteriormente citados. Foi realizada a análise de variância pelo teste F utilizando-se o programa de processamento de dados SAS. Quando houve significância estatística, foi procedida a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## **4. RESULTADOS**

Para melhor entendimento dos resultados, a apresentação foi dividida em duas partes, abrangendo 1) condições climáticas; 2) parâmetros relacionados ao desenvolvimento da planta e 3) parâmetros relacionados ao rendimento de grãos e seus componentes. O resumo da análise de variância dos dados analisados está no Apêndice 2.

### **4.1 Condições climáticas**

Os dados diários de temperatura do ar e radiação solar durante o período experimental e o teor de N total da água utilizada para irrigação do experimento encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1. Temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) máxima e mínima do ar e radiação solar diária ( $\text{Cal cm}^{-2}$ ) ocorridas durante o período experimental na EEA/IRGA. Cachoeirinha, RS. 2005/2006.

Dia	Novembro 2005			Dezembro 2005		
	Temperaturas		Radiação solar	Temperaturas		Radiação solar
	Máxima	Mínima		Máxima	Mínima	
1	23,4	7,3	584	24,7	18,0	256
2	26,0	8,6	580	24,9	13,3	620
3	29,7	15,8	484	29,9	11,4	612
4	33,8	15,0	512	33,1	14,8	604
5	22,0	16,0	196	25,8	18,6	176
6	19,8	15,8	236	25,3	16,7	492
7	20,8	14,0	312	25,4	9,8	580
8	22,0	12,0	560	33,3	12,4	616
9	23,4	14,4	604	32,5	16,3	512
10	23,7	15,0	616	27,2	17,6	480
11	26,0	15,2	640	25,4	11,8	672
12	29,8	15,7	524	28,8	13,5	620
13	31,3	15,8	592	28,6	17,4	588
14	29,8	17,1	524	29,0	17,7	624
15	32,2	17,0	496	31,4	18,1	452
16	31,0	17,6	512	34,1	12,9	628
17	23,6	18,2	220	29,8	19,8	536
18	29,5	17,1	436	31,8	17,6	580
19	28,8	19,9	332	32,4	17,1	564
20	29,5	13,1	620	27,9	20,4	376
21	34,4	14,8	524	31,8	12,8	528
22	37,6	16,6	548	35,5	16,0	580
23	37,8	19,2	604	33,0	19,6	204
24	25,8	26,5	176	28,4	18,5	544
25	26,8	12,7	604	26,0	15,1	652
26	31,6	11,2	520	28,0	11,3	604
27	31,8	12,2	424	29,5	14,8	651
28	33,4	14,8	584	31,8	17,6	556
29	35,8	15,8	500	28,8	17,1	352
30	34,8	18,8	464	35,1	17,1	428
31				28,6	19,1	224

TABELA 1. Temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) máxima e mínima do ar e radiação solar diária ( $\text{Cal cm}^{-2}$ ) ocorridas durante o período experimental na EEA/IRGA. Cachoeirinha, RS. 2005/2006 (continuação).

Dia	Janeiro 2006			Fevereiro 2006		
	Máxima	Mínima	Radiação solar	Máxima	Mínima	Radiação solar
1	30,0	19,0	576	31,0	16,8	616
2	28,8	19,3	440	32,5	21,1	560
3	28,2	18,4	472	35,8	19,0	464
4	31,8	16,0	560	35,6	21,2	504
5	30,8	21,0	592	34,7	21,8	316
6	33,8	13,8	520	29,3	22,4	372
7	35,9	19,4	492	29,1	15,1	580
8	39,5	22,0	496	29,0	17,2	600
9	36,0	22,4	488	29,3	15,4	592
10	39,8	20,1	540	27,9	16,3	500
11	38,0	23,2	460	28,0	18,6	568
12	37,8	21,8	580	31,4	19,1	348
13	33,6	23,7	368	30,8	19,0	560
14	35,4	22,8	452	30,4	17,7	516
15	37,8	21,3	512	32,0	17,1	480
16	38,8	22,3	540	26,0	21,8	216
17	25,5	21,2	136	30,8	21,1	424
18	23,8	18,7	164	30,5	18,4	352
19	28,3	19,0	360	30,6	12,0	348
20	33,8	18,6	612	28,0	21,2	352
21	33,0	19,6	348	29,6	20,1	436
22	28,6	22,3	330	29,9	19,0	464
23	24,0	19,6	256	31,6	18,4	460
24	28,6	19,9	320	31,0	19,0	424
25	31,6	21,0	468	24,0	17,3	280
26	28,7	19,8	596	26,0	19,3	408
27	30,1	16,8	580	29,3	14,6	336
28	31,8	19,4	540	31,0	16,4	396
29	33,8	20,3	540			
30	35,6	19,8	504			
31	28,8	21,3	500			

TABELA 1. Temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) máxima e mínima do ar e radiação solar diária ( $\text{Cal cm}^{-2}$ ) ocorridas durante o período experimental na EEA/IRGA. Cachoeirinha, RS. 2005/2006 (continuação).

Dia	Março 2006			Abril 2006		
	Temperaturas		Radiação solar	Temperaturas		Radiação solar
	Máxima	Mínima		Máxima	Mínima	
1	32,8	19,0	548	22,6	13,8	416
2	32,4	19,2	348	29,5	14,8	488
3	31,8	19,9	304	28,8	17,3	388
4	30,3	20,4	384	31,8	17,2	496
5	27,8	16,6	512	31,5	16,2	464
6	29,0	16,2	572	27,4	19,0	252
7	31,4	16,0	532	29,4	17,8	380
8	34,0	17,0	512	29,2	18,6	356
9	32,2	19,3	464	26,4	14,7	272
10	26,6	19,5	308	26,8	18,4	340
11	27,8	12,1	524	26,7	15,4	332
12	30,8	14,8	456	27,8	13,5	408
13	32,8	17,8	520	27,6	15,1	380
14	32,9	18,3	516	28,8	14,0	312
15	34,8	17,1	472	21,7	17,7	184
16	36,2	18,0	456	21,0	14,9	248
17	36,5	16,8	440	21,8	10,6	468
18	29,9	21,7	284	23,8	11,0	452
19	28,2	22,2	204	25,8	10,1	396
20	29,4	26,7	464	27,7	10,3	424
21	28,8	18,3	444	21,7	13,0	232
22	30,0	26,4	328	24,3	9,8	436
23	28,3	23,6	304	25,8	9,0	404
24	32,2	21,3	440	27,3	7,8	280
25	27,7	19,6	224	27,2	9,5	308
26	26,0	17,0	404	24,6	14,7	284
27	28,5	12,6	472	26,5	11,3	404
28	28,8	18,1	500	26,0	10,3	404
29	23,0	16,5	352	27,7	16,8	344
30	25,5	12,0	492	23,2	13,4	260
31	28,2	10,8	500			

TABELA 2. Teor de N total ( $\text{mg l}^{-1}$ ) nos locais de captação e drenagem da água utilizada para irrigação no experimento. Cachoeirinha, RS. 2005/2006.

Data	Captação	Drenagem
	Teor de N ( $\text{mg l}^{-1}$ )	
14/11/05	3,38	1,13
21/11/05	5,64	0,38
28/11/05	9,40	1,50
05/12/05	14,29	1,50
12/12/05	21,43	0,75
19/12/05	17,67	0,38
26/12/05	31,90	2,54
02/01/05	19,55	0,00
09/01/05	17,30	0,75
26/01/05	22,94	0,00
23/01/05	9,40	0,75
30/01/05	7,40	1,13
06/02/05	14,29	0,38
11/02/05	16,30	0,00
20/02/05	13,16	3,01
01/03/06	4,51	0,75
06/03/06	7,14	0,38
13/03/06	15,04	2,63
20/03/06	7,52	0,00
27/03/06	13,91	1,88

## 4.2. Parâmetros relacionados ao desenvolvimento da planta

### 4.2.1. Densidade inicial de plantas

Houve efeito simples de densidade e época de semeadura para este parâmetro. Na média de época de semeadura e dose de N em cobertura, a densidade inicial de plantas aumentou linearmente à medida que se incrementou a densidade de semeadura, aumentando de  $125 \text{ plantas m}^{-2}$ , na menor densidade de semeadura ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para  $360 \text{ plantas m}^{-2}$  na maior densidade ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Figura 1). Para cada  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes adicionadas, a densidade inicial de plantas aumentou em  $15 \text{ plantas m}^{-2}$ .

Na época de semeadura preferencial, a densidade inicial foi de 224 plantas  $m^{-2}$ , enquanto na época de semeadura tardia foi de 276 plantas  $m^{-2}$ , sendo 18% superior à da época preferencial, na média de densidade de semeadura e dose de adubação nitrogenada em cobertura.

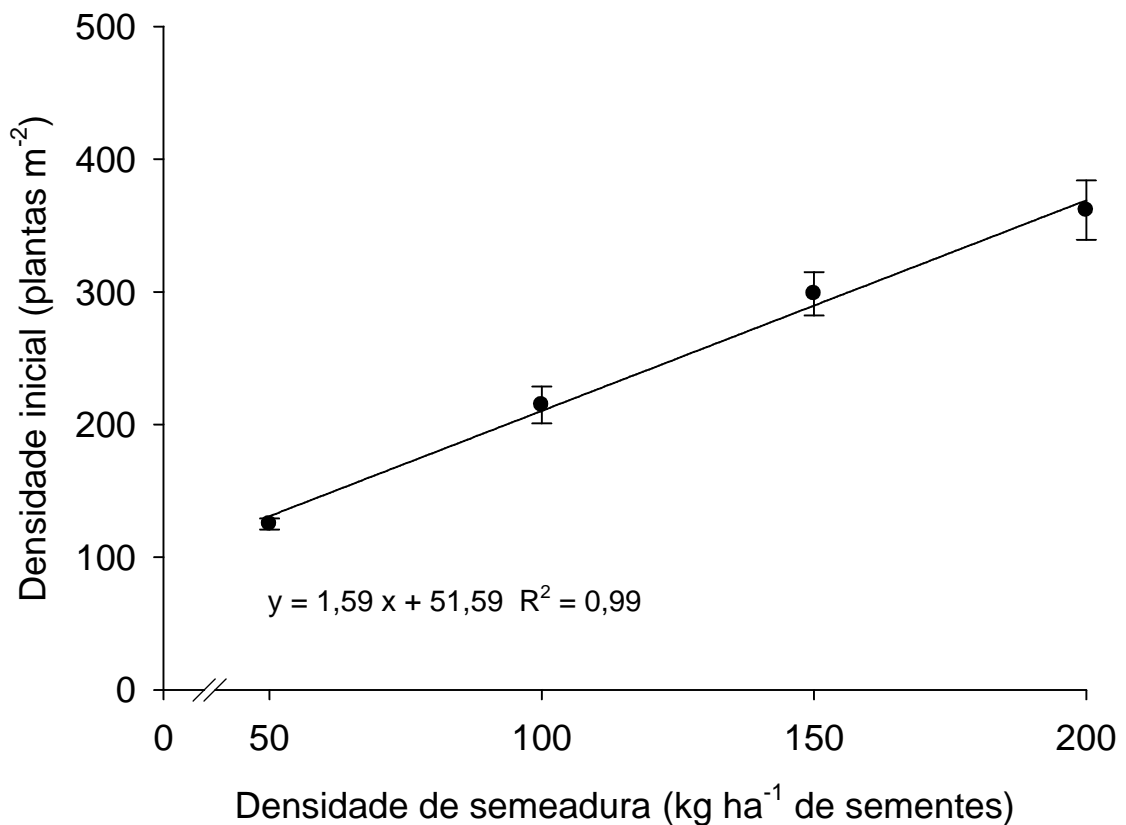


FIGURA 1. Densidade inicial de plantas em função da densidade de semeadura, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

#### 4.2.2. Número de perfilhos por planta

Para este parâmetro, foram significativos os efeitos simples de densidade de semeadura, dose de N aplicada em cobertura e época de semeadura. O número de perfilhos por planta diminuiu de forma quadrática com o incremento da densidade de semeadura (Figura 2), reduzindo de 4,24 na menor



densidade ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para 1,29 na maior densidade ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Com a aplicação de 70% da dose de N em cobertura no início do perfilhamento, houve aumento linear este parâmetro (Figura 3). O número de perfilhos por planta no tratamento sem aplicação de N em cobertura foi de 2,05, enquanto com aplicação de  $126 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura (70% da dose de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ ) aumentou para 3,04. Na época de semeadura preferencial, cada planta apresentou em média 2,9 perfilhos, valor 53% superior ao da semeadura na época tardia (1,9 perfilhos por planta). Para cada  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aplicado em cobertura, o número de perfilhos por planta aumentou em 0,05.

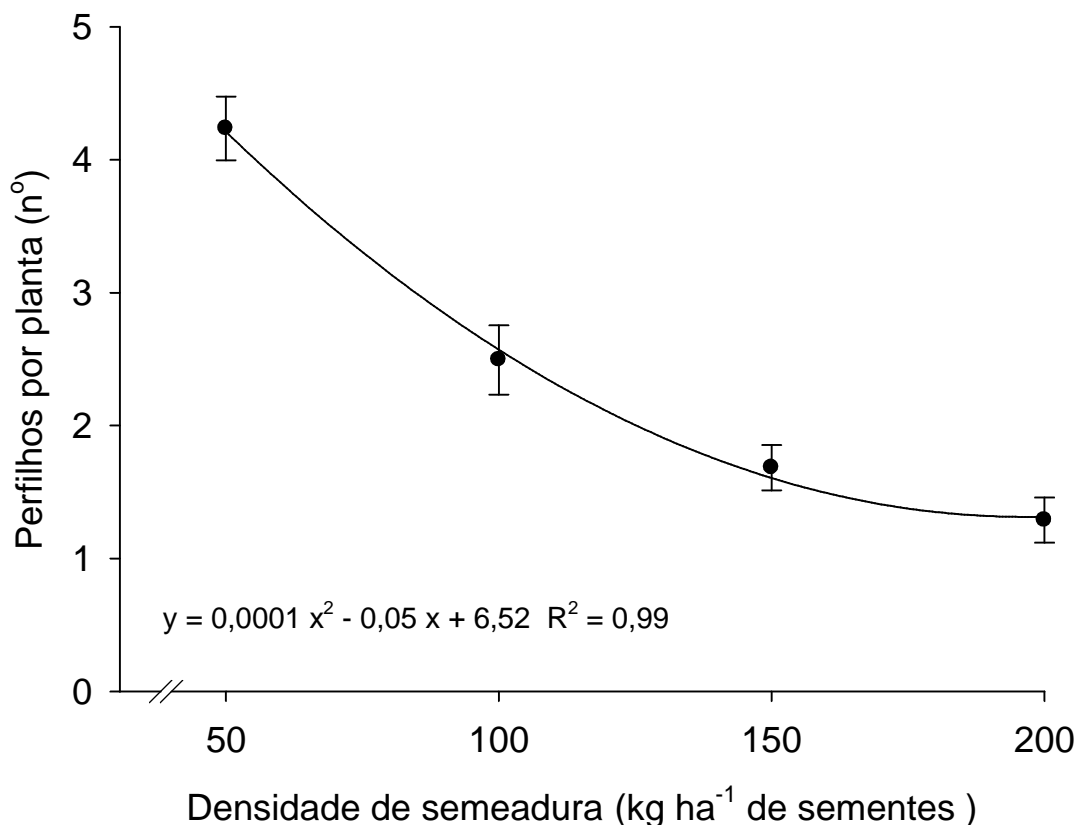


FIGURA 2. Número de perfilhos por planta de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de adubação nitrogenada em cobertura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

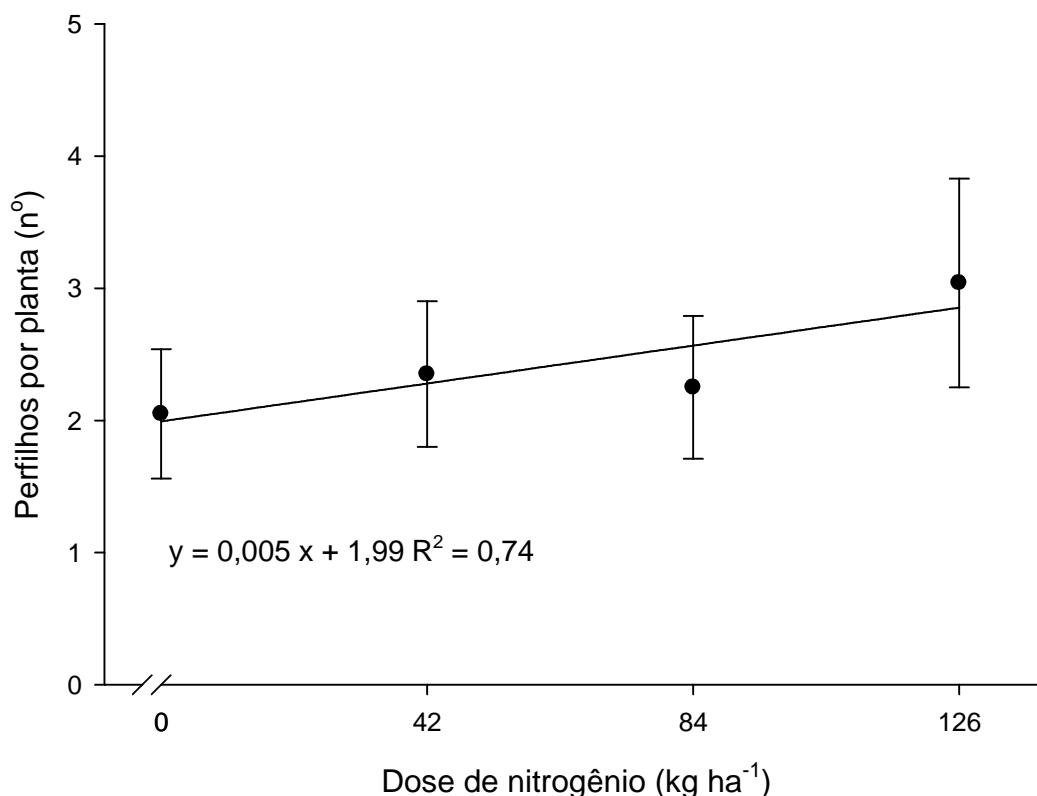


FIGURA 3. Número de perfilhos por planta de arroz irrigado no estágio V<sub>8</sub> em função de dose de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

#### 4.2.3. Rendimento de matéria seca da parte aérea no emborrachamento (R<sub>2</sub>)

Para este parâmetro, foi significativa a interação de época de semeadura e dose de N aplicada em cobertura. O rendimento de matéria seca aumentou de forma quadrática com incremento da dose de nitrogênio em cobertura, havendo incremento deste parâmetro até à aplicação da dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura nas duas épocas de semeadura (Figura 4).

Na época de semeadura preferencial, o menor rendimento de matéria seca obtido foi de 4.270 kg ha<sup>-1</sup>, no tratamento sem aplicação de N em cobertura

e o maior foi de 8.990 kg ha<sup>-1</sup>, com a aplicação da maior dose de nitrogênio em cobertura.

Na época de semeadura tardia, o menor rendimento de matéria seca foi de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> no tratamento sem aplicação de N em cobertura, e o maior rendimento foi de 8.390 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, com aplicação de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

Com incremento da dose de N aplicada em cobertura, o rendimento de matéria seca da parte aérea na semeadura da época preferencial foi superior ao da semeadura da época tardia, exceto no tratamento sem aplicação de N em cobertura.

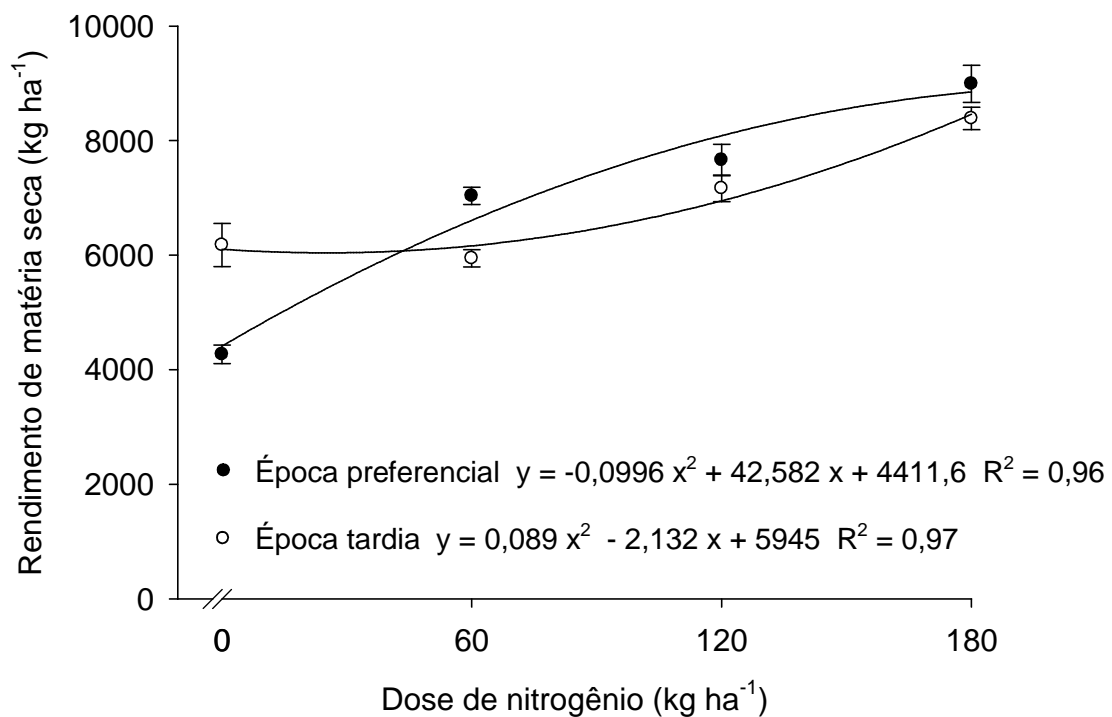


FIGURA 4. Rendimento de matéria seca da parte aérea de arroz irrigado no emborrachamento em função de dose de nitrogênio em cobertura e época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

#### **4.2.4. Quantidade de N acumulada na parte aérea da planta no emborrachamento ( $R_2$ )**

Para este parâmetro, também foi significativa a interação de época de semeadura e dose de N aplicada em cobertura. Na época de semeadura preferencial, a quantidade de N acumulada na parte aérea da planta aumentou linearmente com incremento da dose de N, ao passo que na época de semeadura tardia este parâmetro aumentou de forma quadrática (Figura 5).

Na época de semeadura preferencial, a menor quantidade de N acumulada foi de 124 kg ha<sup>-1</sup> de N no tratamento sem aplicação deste nutriente, enquanto a maior quantidade obtida foi de 387 kg ha<sup>-1</sup>, com a aplicação de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Para cada 10 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em cobertura, houve acúmulo de 14 kg ha<sup>-1</sup> de N na parte aérea das plantas.

Na época de semeadura tardia, a menor quantidade de N acumulada foi de 187 kg ha<sup>-1</sup>, no tratamento sem aplicação de N em cobertura, superior ao da época de semeadura preferencial. A maior quantidade de N acumulada foi de 329 kg ha<sup>-1</sup> no tratamento com aplicação de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

A quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas foi superior na época de semeadura preferencial nas três doses de aplicação de N em relação à época tardia. No tratamento sem aplicação de N em cobertura ocorreu o inverso, ou seja, esta variável foi maior na época tardia.

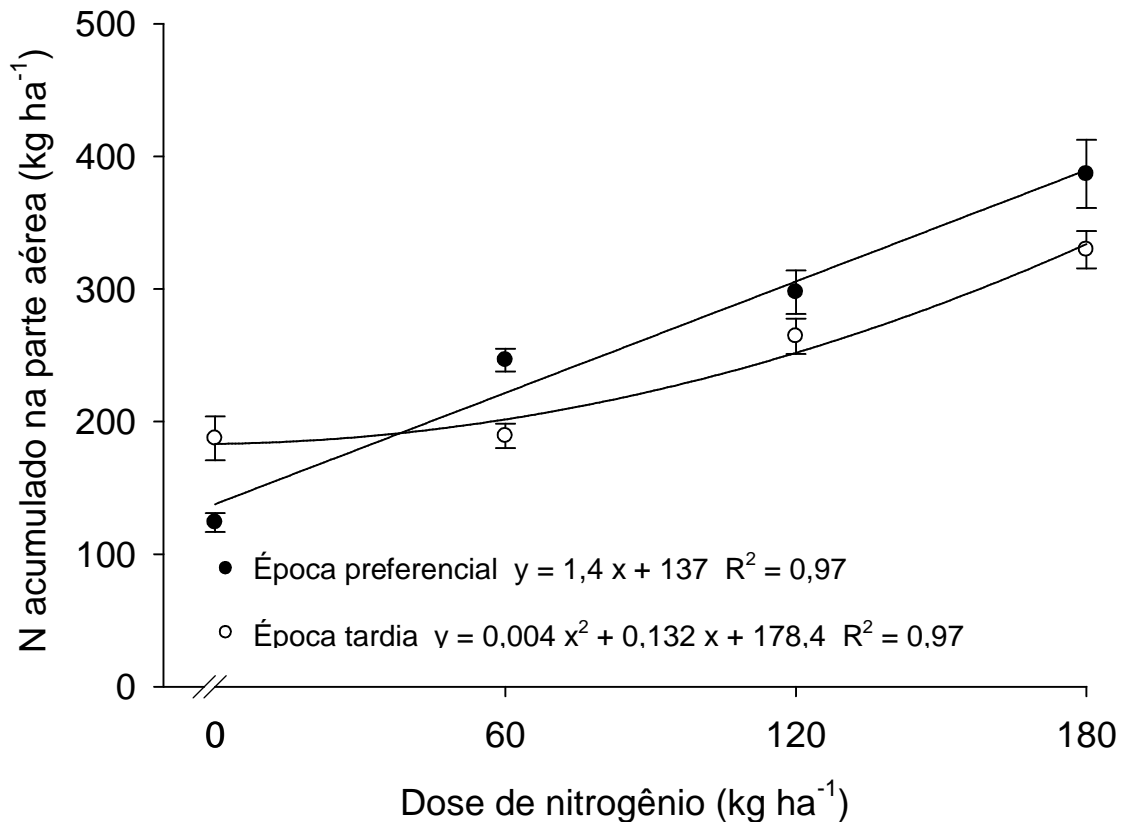


FIGURA 5. Quantidade de nitrogênio (N) acumulada na parte aérea da planta de arroz irrigado no emborrachamento em função de dose de nitrogênio em cobertura e época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

#### 4.2.5. Rendimento de matéria seca da parte aérea na colheita (R<sub>9</sub>)

Para este parâmetro, foi significativa a interação de época de semeadura e dose de N aplicada em cobertura e o efeito simples de densidade de semeadura. O rendimento de matéria seca variou de forma quadrática com o incremento da dose de N aplicada em cobertura nas duas épocas de semeadura (Figura 6). No entanto, a resposta ao incremento da adubação nitrogenada foi mais pronunciada na época de semeadura preferencial, quando o menor rendimento obtido foi de 4.990 kg ha<sup>-1</sup> no tratamento sem aplicação de N em cobertura, e o maior foi de 8.000 kg ha<sup>-1</sup>, no tratamento com aplicação de

120 kg ha<sup>-1</sup>. A derivada da equação de regressão indica que a dose de máxima eficiência técnica foi de 144 kg ha<sup>-1</sup> de N, para obtenção do rendimento de 8.022 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca. Com aplicação da dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, o rendimento de matéria seca diminuiu para 7.800 kg ha<sup>-1</sup>.

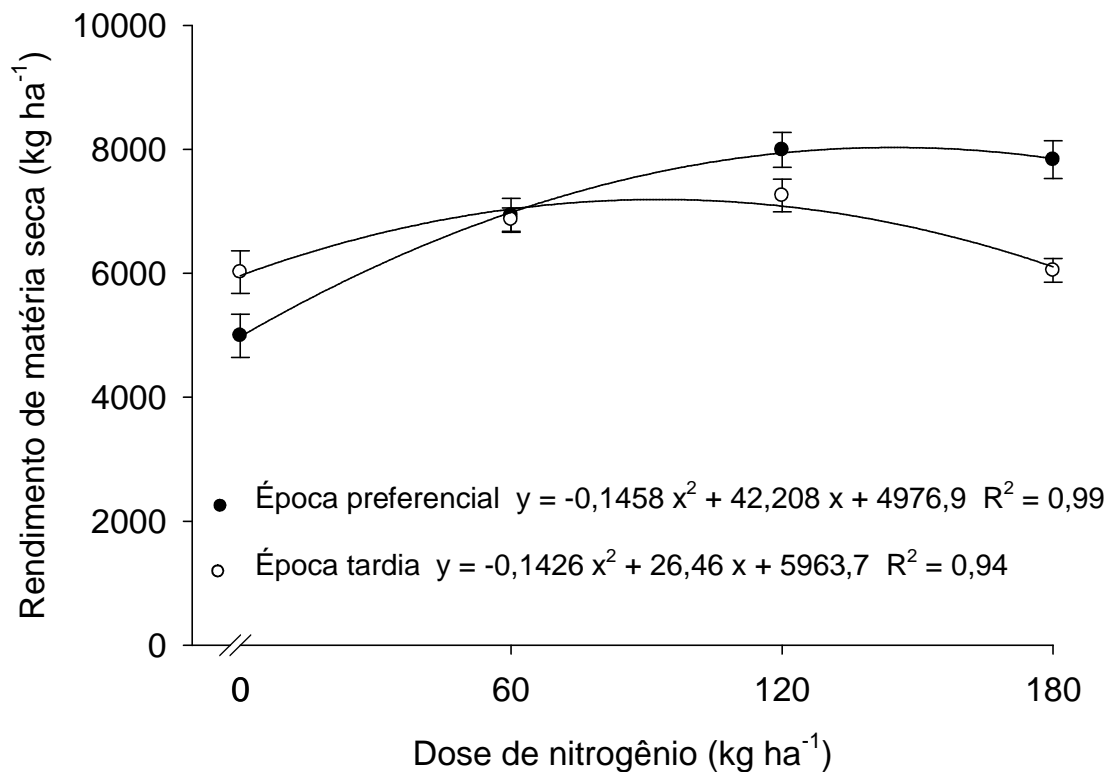


FIGURA 6. Rendimento de matéria seca da parte aérea de arroz irrigado na colheita em função de dose nitrogênio em cobertura e época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

Na época de semeadura tardia, o rendimento de matéria seca do tratamento sem aplicação de N em cobertura foi de 6.000 kg ha<sup>-1</sup>, superior ao da época preferencial, semelhante ao que foi obtido no estágio de emborrachamento. O maior rendimento obtido foi de 7.250 kg ha<sup>-1</sup>, também com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura. A dose de máxima eficiência econômica para a época tardia foi de 95 kg ha<sup>-1</sup> de N, para obtenção do rendimento de matéria seca

de 7.200 kg ha<sup>-1</sup>, muito próximo ao encontrado com aplicação da dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Com aplicação da maior dose, o rendimento de matéria seca diminuiu para 6.050 kg ha<sup>-1</sup>.

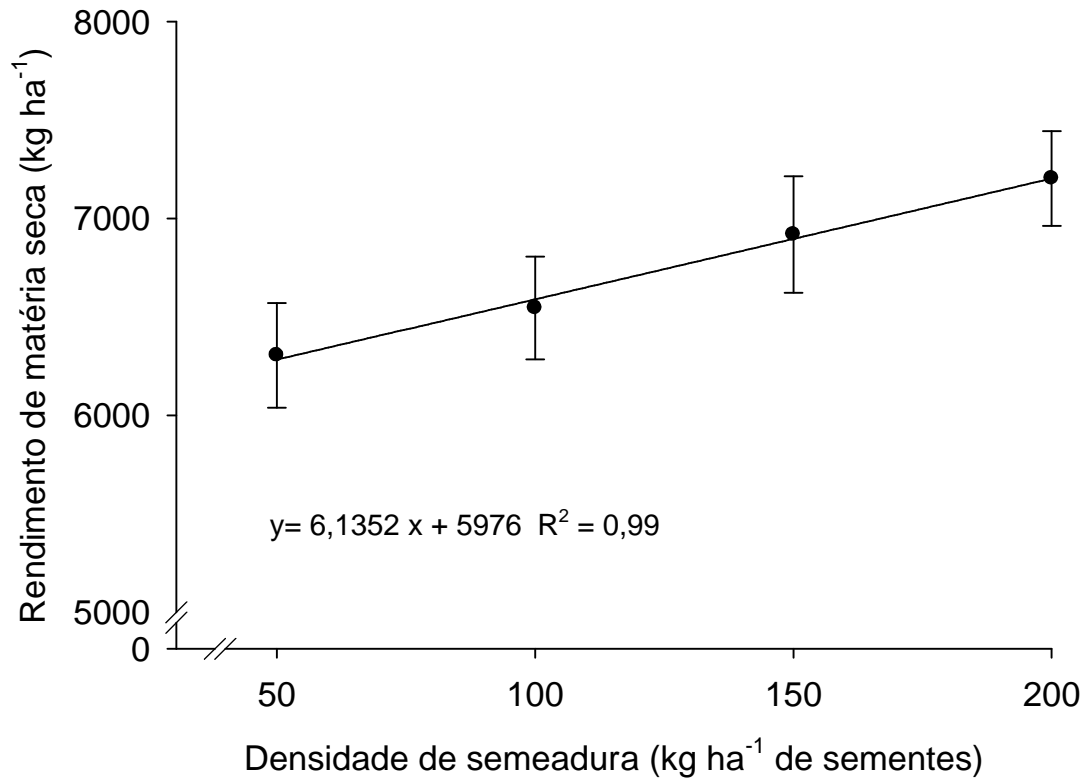


FIGURA 7. Rendimento de matéria seca da parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de densidade de semeadura, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura e duas épocas de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

O rendimento de matéria seca da parte aérea da planta aumentou linearmente com incremento da densidade de semeadura, na média das quatro doses de N em cobertura e duas épocas de semeadura (Figura 7). O rendimento obtido foi de 6.300 kg ha<sup>-1</sup> na densidade de 50 kg ha<sup>-1</sup> e de 7.200 kg ha<sup>-1</sup> na densidade de semeadura de 200 kg ha<sup>-1</sup>. Para cada 10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes adicionadas, o rendimento de matéria seca aumentou em 61 kg ha<sup>-1</sup>.

#### **4.2.6. Quantidade de N acumulada na parte aérea da planta na colheita (R9)**

Para este parâmetro, houve interação de época de semeadura e dose de N aplicada em cobertura e efeito simples de densidade de semeadura, similarmente ao que ocorreu com o rendimento de matéria seca. A quantidade de N acumulada na parte aérea da planta aumentou de forma linear na época de semeadura preferencial e de forma quadrática na época tardia com o incremento da dose de N aplicada em cobertura (Figura 8). Na época preferencial, houve acúmulo de  $71 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no tratamento sem aplicação de N em cobertura e de  $167 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no tratamento com aplicação da dose de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura. Para cada  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aplicado em cobertura, foi acumulado  $4,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na colheita.

Na época de semeadura tardia, a quantidade de N acumulada no tratamento sem aplicação deste nutriente foi de  $96 \text{ kg ha}^{-1}$ , superior ao verificada na época preferencial. O maior acúmulo de N ocorreu com aplicação de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, atingindo o valor de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$ . Com aplicação da dose de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N a quantidade de N acumulada na parte aérea da planta diminuiu para  $122 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

A quantidade de N acumulada na parte aérea da planta aumentou linearmente com incremento da densidade de semeadura, na média das duas épocas de semeadura e quatro doses de N em cobertura (Figura 9). O acúmulo de N foi de  $104 \text{ kg ha}^{-1}$  na densidade de semeadura de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  e de  $128 \text{ kg ha}^{-1}$  na densidade de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ . Para cada  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes adicionadas, a quantidade de N acumulada aumentou em  $1,45 \text{ kg ha}^{-1}$ .



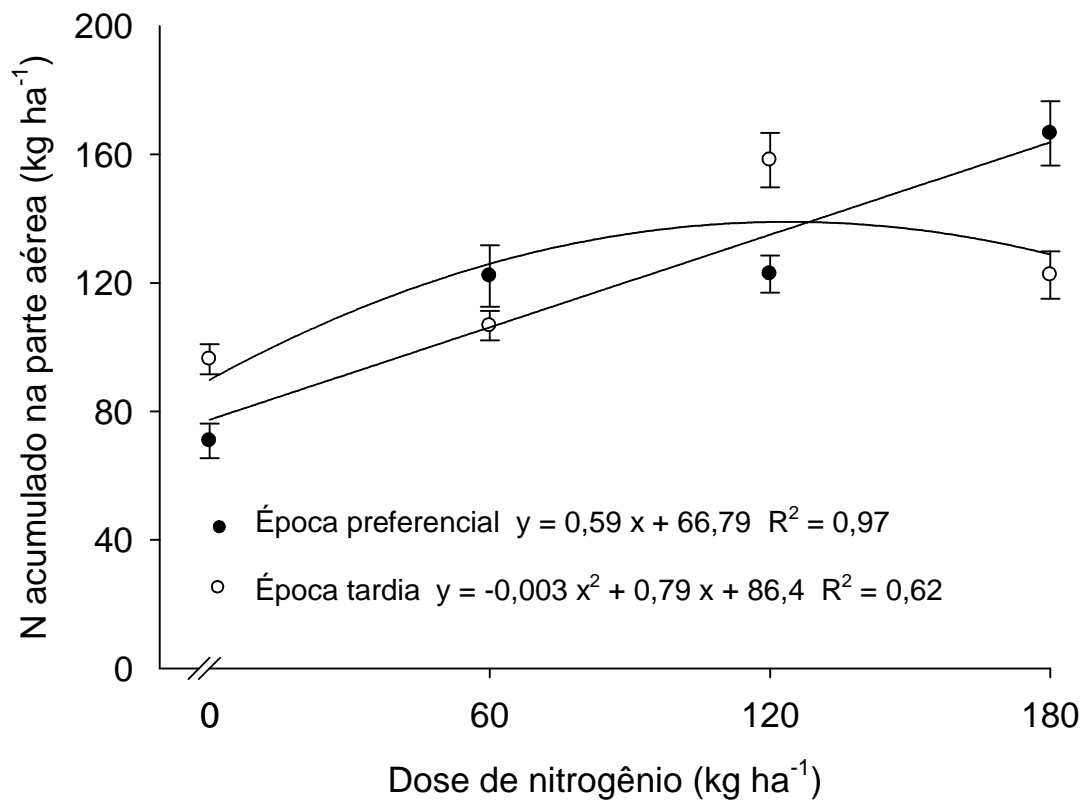


FIGURA 8. Quantidade de nitrogênio (N) acumulada na parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de dose de nitrogênio em cobertura e de época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

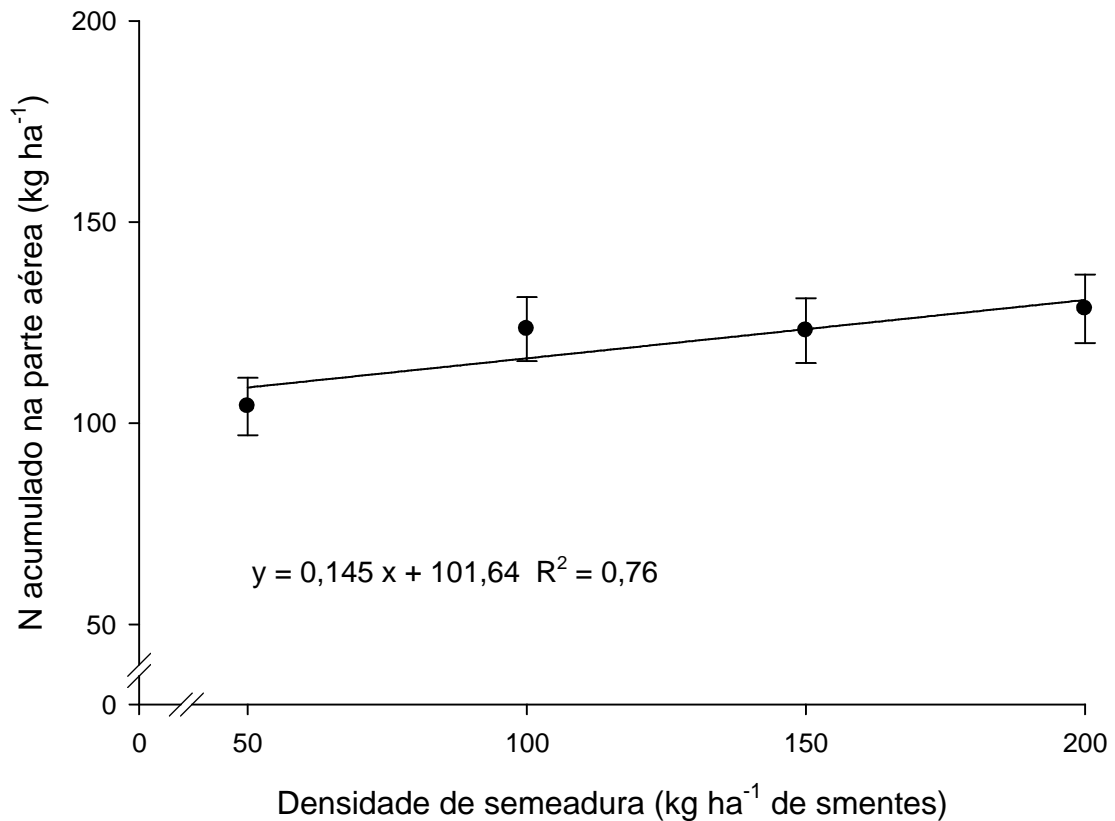


FIGURA 9. Quantidade de nitrogênio (N) acumulada na parte aérea da planta de arroz irrigado na colheita em função de densidade de sementeira, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura e duas épocas de sementeira. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

#### 4.2.7. Eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN)

Para este parâmetro, foi significativa a interação de época de sementeira e dose de N aplicada em cobertura. Nas duas épocas de sementeira, a EAN diminuiu com o incremento da dose de adubação nitrogenada em cobertura.

Na época de sementeira recomendada, a EAN foi de 42 kg grãos kg N<sup>-1</sup> na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Com aplicação da dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, a EAN diminuiu para 28 kg grãos kg N<sup>-1</sup> e, com a aplicação da maior dose, foi de

17 kg grãos kg N<sup>-1</sup>. O incremento da adubação nitrogenada de 60 para 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> diminuiu a EAN em 33% e 59%, respectivamente.

Na época de semeadura tardia, a máxima EAN também ocorreu com a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. No entanto, o valor foi de 13 kg grãos kg N<sup>-1</sup>, 69% inferior ao verificado com a aplicação desta dose na época preferencial. Com incremento da dose de adubação nitrogenada para 120 kg ha<sup>-1</sup>, a EAN diminuiu para 4 kg grãos kg N<sup>-1</sup>, valor 85% inferior ao obtido com a aplicação desta dose na época de semeadura preferencial. Com a aplicação de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, a EAN foi igual a zero.

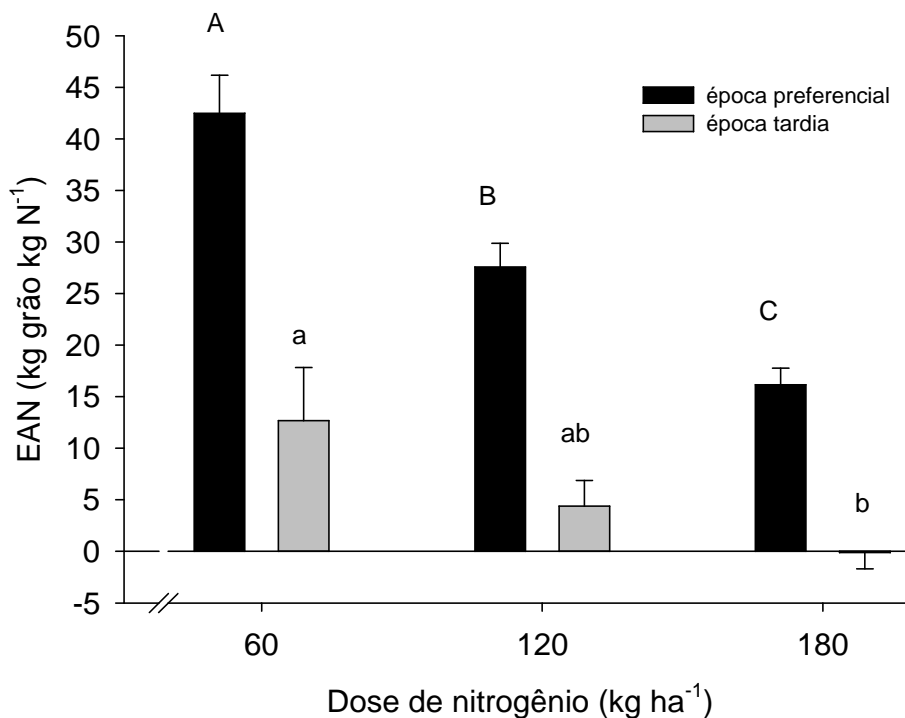


FIGURA 10. Eficiência agronômica do nitrogênio (EAN) aplicado em cobertura em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Letras maiúsculas representam comparação de médias na época de semeadura preferencial e minúsculas na época de semeadura tardia. Barras verticais representam o erro padrão.

#### 4.2.8. Ciclo de desenvolvimento

O desenvolvimento da planta foi afetado pela época de semeadura e pela adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 1). Na época de semeadura preferencial, a duração do sub-período semeadura-emergência foi de 12 dias, cinco a mais que na época tardia. A duração do sub-período diferenciação do primórdio da panícula-emborrachamento foi de 16 dias para as duas épocas de semeadura. Na época de semeadura preferencial, o emborrachamento ocorreu aos 63 dias após a emergência, dois dias a mais que na época tardia. Desta forma, as plantas de arroz na época de semeadura preferencial apresentaram maior duração do sub-período emergência-emborrachamento.

Na época de semeadura preferencial, o ciclo total diminuiu em 9 dias nos tratamentos sem aplicação de N em cobertura e com aplicação de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em relação aos tratamentos que receberam as doses de 120 e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Na época de semeadura tardia, verificou-se redução de 7 dias no ciclo total das plantas nos tratamentos sem N e com aplicação de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em relação às que receberam aplicações de 120 e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

TABELA 3. Duração dos sub-períodos e número de dias da emergência até os estádios de diferenciação do primórdio da panícula (D.P.P.), emborrachamento ( $R_2$ ) e colheita do arroz irrigado em função de época de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006.

	Época preferencial		Época tardia	
	Duração do sub-período (dias)	D.A.E. <sup>1</sup>	Duração do sub-período (dias)	D.A.E. <sup>1</sup>
Semeadura-emergência	12		7	
Emergência - D.P.P.	47	47	45	45
D.P.P. - $R_2$	16	63	16	61
$R_2$ - Colheita (tratamentos com 0 e 60 kg ha <sup>-1</sup> de N)	50	113	51	112
$R_2$ - Colheita (tratamentos com 120 e 180 kg ha <sup>-1</sup> de N)	59	122	58	119

<sup>1</sup> DAE: Dias após emergência

### 4.3. Rendimento de grãos e componentes

#### 4.3.1. Rendimento de grãos

Para este parâmetro, foi significativa a interação de época de semeadura e adubação nitrogenada e o efeito simples de densidade de semeadura.

O incremento da dose de adubação nitrogenada em cobertura aumentou de forma quadrática o rendimento de grãos nas duas épocas, mas com respostas diferentes (Figura 11). Na época de semeadura preferencial, o maior rendimento de grãos foi de 8.880 kg ha<sup>-1</sup> com aplicação da dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura. A derivada da equação de regressão indicou que a dose de máxima eficiência técnica de N em cobertura foi de 132 kg ha<sup>-1</sup> de N, para obtenção do rendimento de grãos de 8.900 kg ha<sup>-1</sup>. Na época de semeadura tardia, o maior rendimento de grãos obtido foi 7.700 kg ha<sup>-1</sup>, com aplicação da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura. A derivada da equação de regressão indica que dose de máxima eficiência técnica de N em cobertura na época tardia

foi de 83 kg ha<sup>-1</sup>, 37% menor que a obtida na época preferencial, para obtenção do rendimento de grãos máximo de 7.670 kg ha<sup>-1</sup>.

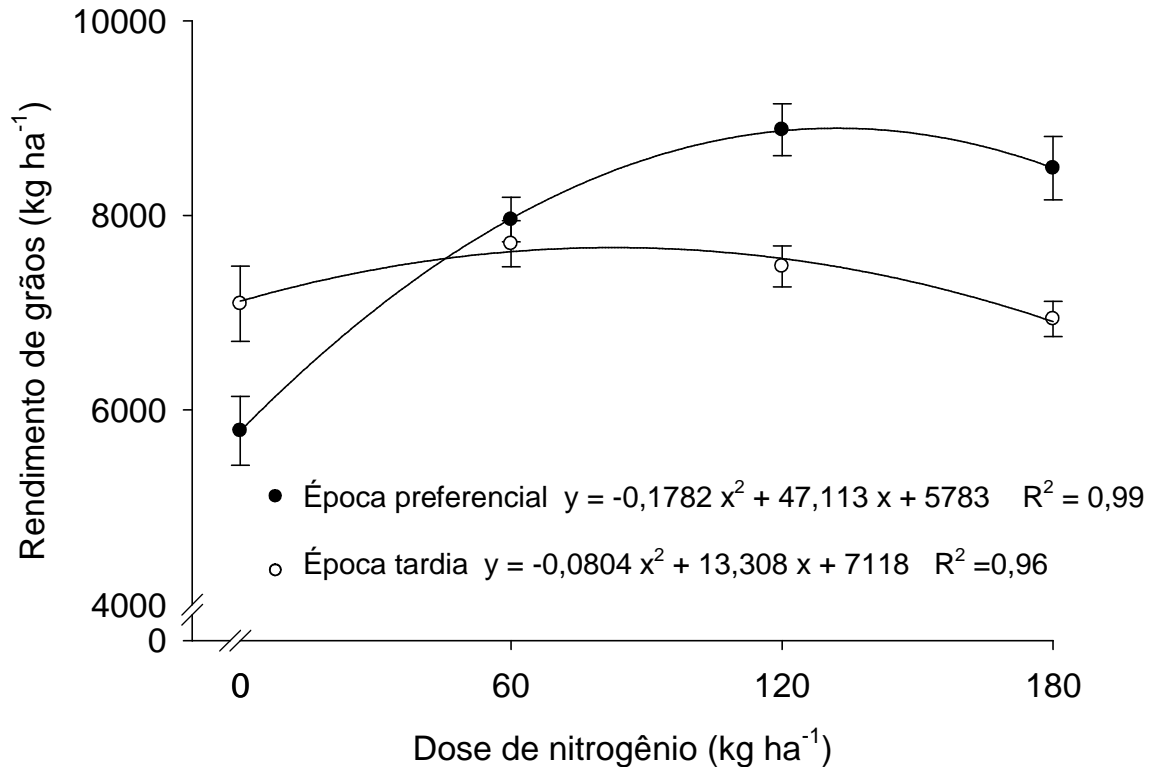


FIGURA 11. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de época de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura, na média de quatro densidades de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

O rendimento de grãos na época de semeadura tardia foi menor que o da época preferencial nas três doses de N aplicadas em cobertura. No entanto, no tratamento sem aplicação de N em cobertura, o rendimento de grãos obtido na época tardia foi superior ao da época preferencial, similar ao observado nas variáveis rendimento de matéria seca e quantidade de N acumulada na planta nos estádios de emborrachamento e colheita.

Nas duas épocas de semeadura, os valores obtidos indicam aumento no rendimento de grãos com incremento da densidade de semeadura mais acentuado nos tratamentos sem aplicação de N em cobertura e com a menor

dose ( $60 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em relação aos tratamentos com as doses de 120 e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Tabela 2). No entanto, a análise estatística mostrou apenas efeito simples de densidade de semeadura. Na média das quatro doses de N aplicadas em cobertura e das duas épocas de semeadura, o incremento da densidade de semeadura de aumentou linearmente o rendimento de grãos (Figura 12).

TABELA 4. Rendimento de grãos de arroz irrigado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas épocas de semeadura, quatro densidades de semeadura e quatro doses de adubação nitrogenada em cobertura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006.

Dose de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Época preferencial				Época tardia			
	Densidade de semeadura ( $\text{kg ha}^{-1}$ )							
	50	100	150	200	50	100	150	200
0	4 620	5 560	5 220	6 200	6 590	5 850	7 560	7 770
60	7 220	7 940	8 420	8 240	6 890	8 060	7 900	7 980
120	8 400	8 800	9 270	8 400	7 410	7 490	7 130	7 870
180	8 270	8 260	8 040	8 800	6 670	7 130	6 760	7 180

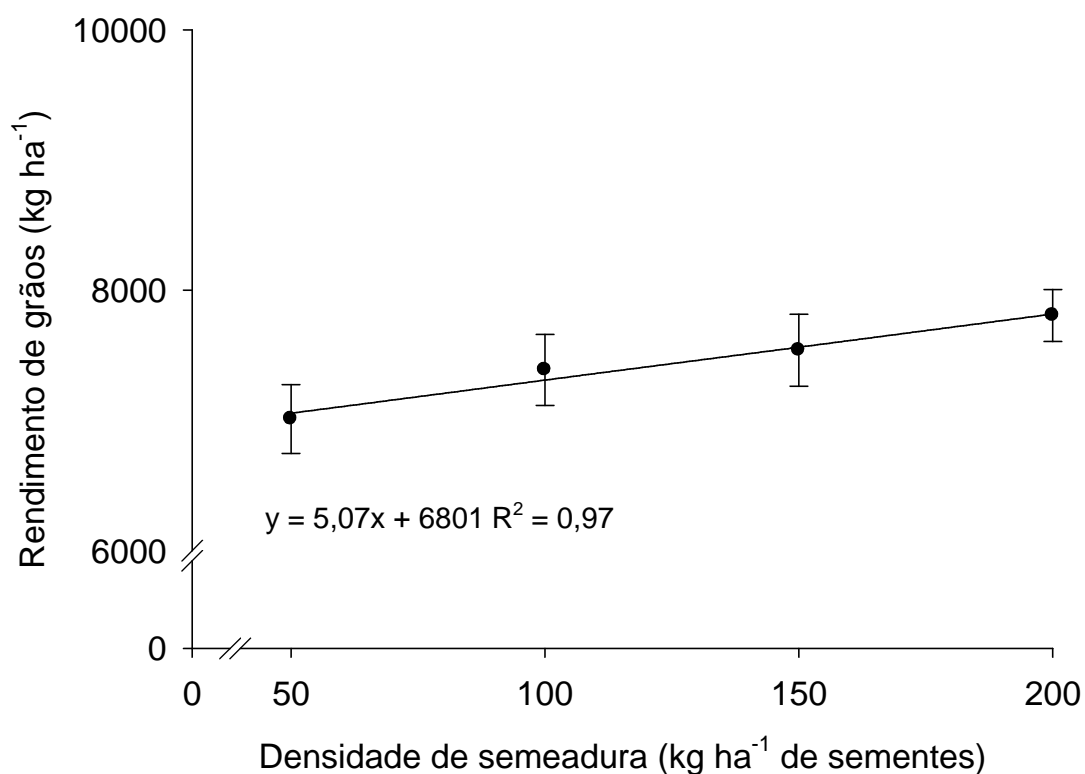


FIGURA 12. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de quatro doses de nitrogênio e duas épocas de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

#### 4.3.2. Número de panículas m<sup>-2</sup>

Para este parâmetro, foram significativos a interação de época de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura e o efeito simples de densidade de semeadura, similarmente ao que ocorreu com o rendimento de grãos.

Na semeadura da época preferencial, o número de panículas m<sup>-2</sup> aumentou linearmente com incremento da dose de N aplicada em cobertura, passando de 549 panículas m<sup>-2</sup>, no tratamento sem aplicação de N, para 771 panículas m<sup>-2</sup>, no tratamento com 180 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 13). Para cada 10 kg ha<sup>-1</sup> de N adicionado houve aumento de 11 panículas m<sup>-2</sup>. Na época tardia, não houve resposta à adubação nitrogenada, sendo que em todos os tratamentos o número de panículas foi de, aproximadamente, 600 panículas m<sup>-2</sup>.



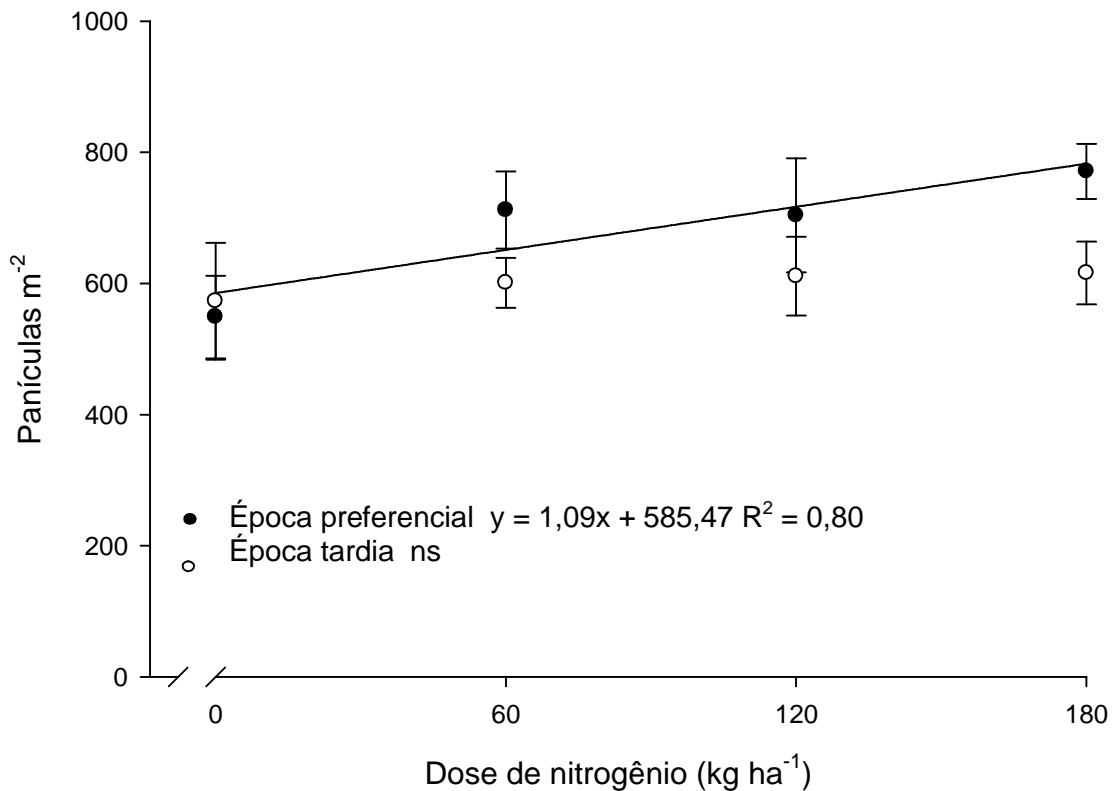


FIGURA 13. Número de panículas de arroz irrigado por metro quadrado em função de dose nitrogênio em cobertura e época de semeadura, na média de quatro densidades de semeadura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

Na média de épocas de semeadura e doses de adubação nitrogenada em cobertura, o número de panículas  $m^{-2}$  aumentou linearmente com incremento da densidade de semeadura, da mesma forma que o rendimento de grãos. O número de panículas  $m^{-2}$  aumentou de 580, na densidade de semeadura de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$ , para 700 panículas  $m^{-2}$  na densidade de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 14). Para a adição de cada  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes houve incremento de, aproximadamente, 8 panículas  $m^{-2}$ .

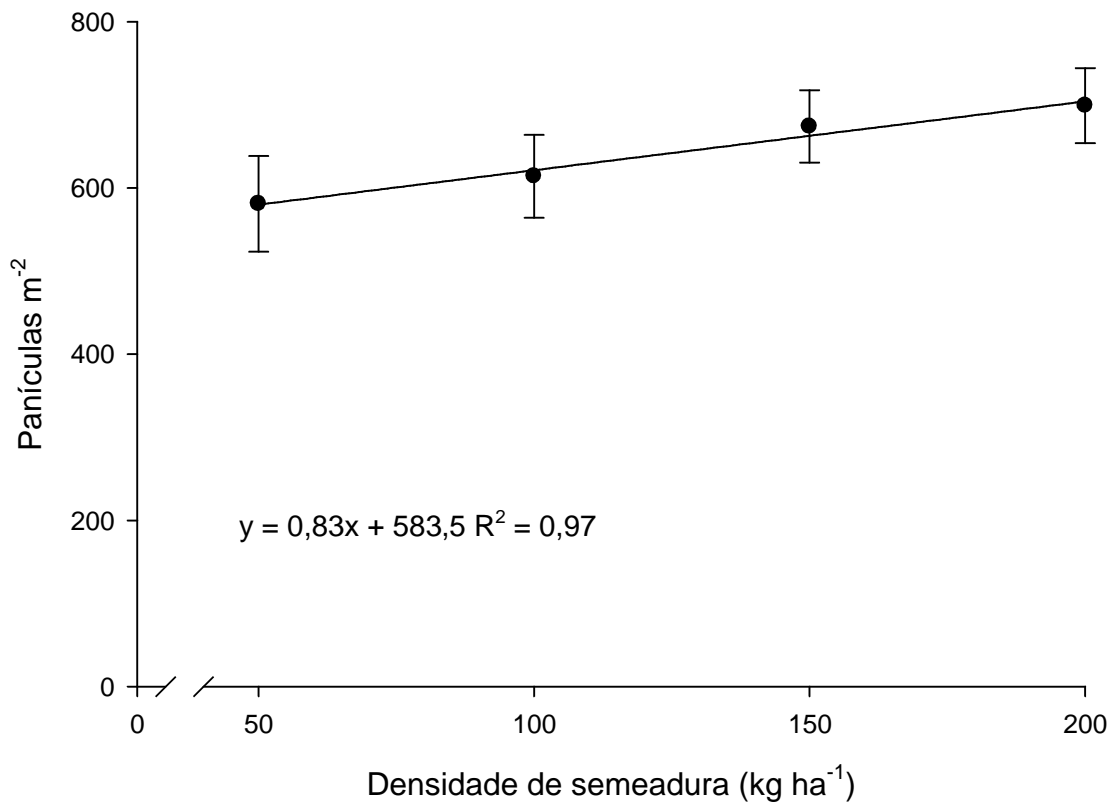


FIGURA 14. Número de panículas de arroz irrigado por metro quadrado em função de densidade de semeadura, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio em cobertura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

#### 4.3.3. Número de grãos panícula<sup>-1</sup>

Foram significativos os efeitos simples de época de semeadura e densidade de semeadura para este parâmetro. O número de grãos panícula<sup>-1</sup> na época tardia (56,4) foi 13% superior ao da época preferencial (49,6) na média de épocas de semeadura e doses de adubação nitrogenada em cobertura.

O número de grãos panícula<sup>-1</sup> diminuiu linearmente com o incremento da densidade de semeadura (Figura 15). Na densidade de 50 kg ha<sup>-1</sup>, o número de grãos panícula<sup>-1</sup> foi de 59, e diminuiu para 47 quando se utilizou a densidade

de semeadura de 200 kg ha<sup>-1</sup>. Para cada incremento de 10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, houve redução de aproximadamente, 0,8 grão panícula<sup>-1</sup>.

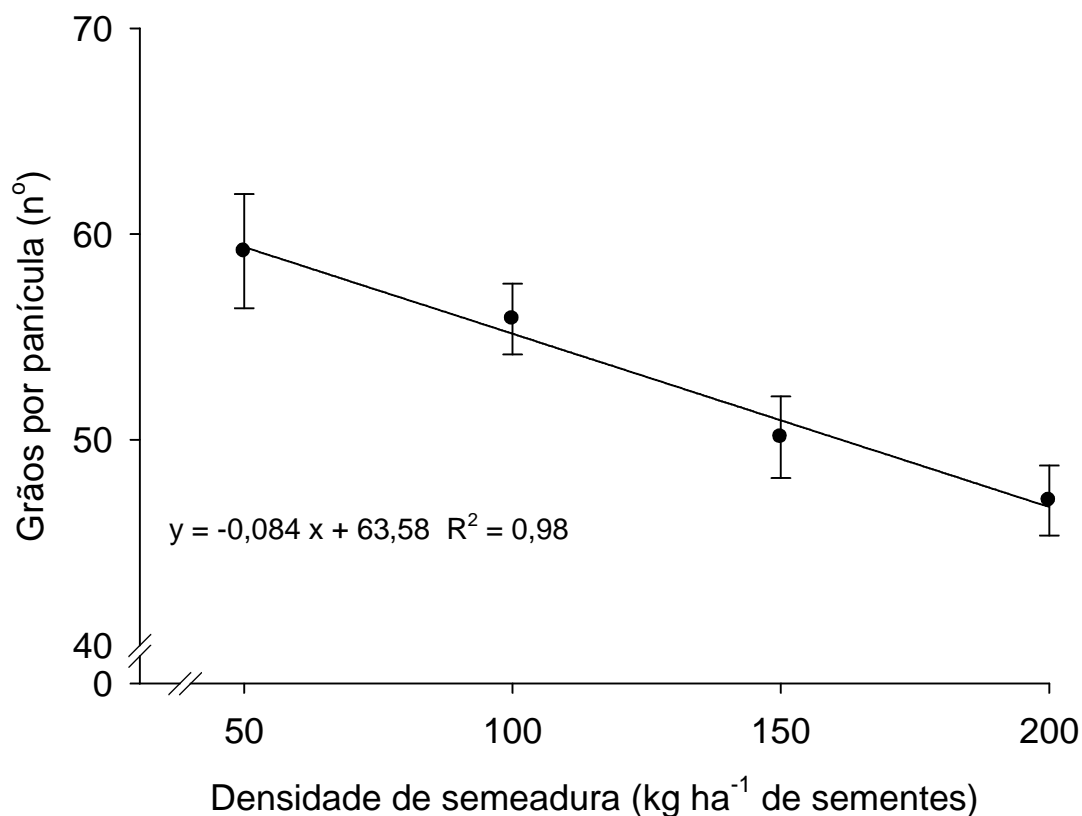


FIGURA 15. Número de grãos por panícula de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio em cobertura. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

#### 4.3.4. Esterilidade de espiguetas

Para este parâmetro, foi significativa a interação tríplice (Figura 16). Na época de semeadura recomendada, a esterilidade de espiguetas diminuiu de forma quadrática com incremento da densidade de semeadura somente no tratamento sem aplicação de N em cobertura. Com as aplicações de 60 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, a esterilidade de espiguetas aumentou de forma linear com incremento da densidade de semeadura. Para a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura não houve resposta desta variável à densidade de semeadura.

Na época de semeadura tardia, a esterilidade de espiguetas aumentou de forma quadrática com o incremento da densidade de semeadura apenas no tratamento sem aplicação de N em cobertura. Nos demais tratamentos, não houve resposta significativa deste parâmetro aos incrementos de densidade de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura.

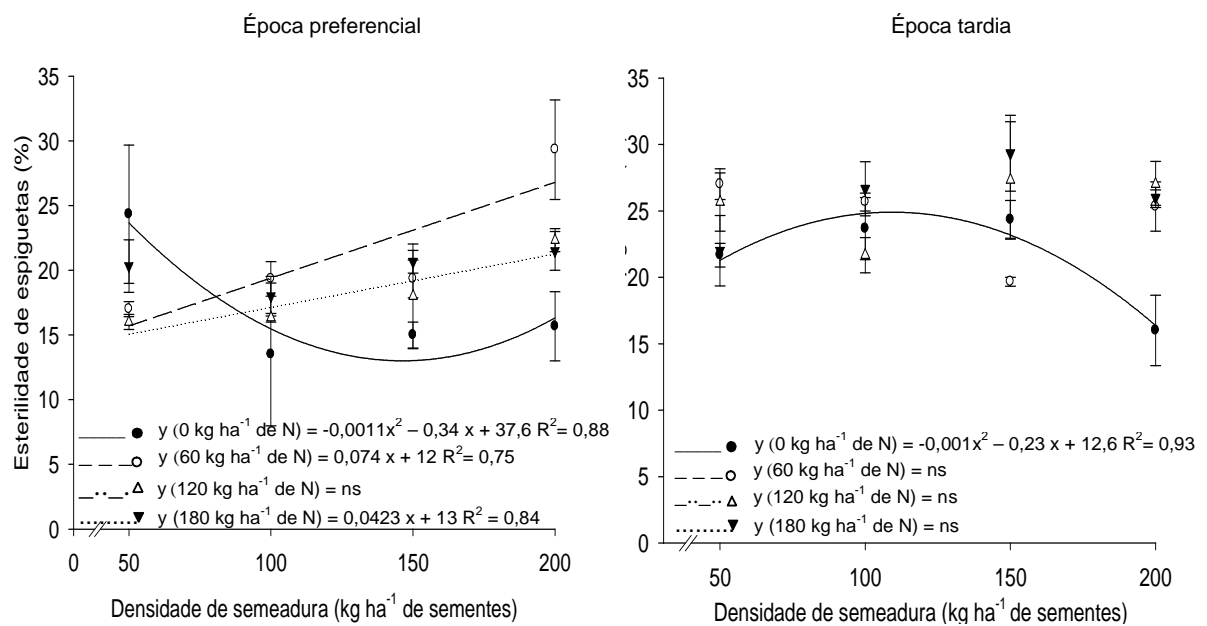


FIGURA 16. Esterilidade de espiguetas de arroz irrigado em função de densidade de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura nas épocas de semeadura preferencial e tardia. Cachoeirinha, RS. 2005/2006. Barras verticais representam o erro padrão.

#### 4.3.5. Peso do grão

Para esta variável foi significativo apenas o efeito simples de época de semeadura. O peso de mil grãos na época de semeadura tardia (23,5 g) foi 2,2% superior ao da época recomendada (23 g).

## 5. DISCUSSÃO

O maior rendimento de grãos obtido no experimento foi de  $9.270 \text{ kg ha}^{-1}$ , evidenciando que as práticas de manejo utilizadas e que as condições edafoclimáticas não foram limitantes. Cabe salientar que em nenhuma das épocas de semeadura foi verificada ocorrência de doenças ou acamamento de plantas, nem sob as maiores doses de N aplicado, o que poderia ter limitado o rendimento de grãos. O maior rendimento de grãos obtido na época de semeadura tardia foi de  $8.060 \text{ kg ha}^{-1}$ , 13% inferior ao obtido na época preferencial, mas 22% acima da média obtida no Estado de  $6.610 \text{ kg ha}^{-1}$  na safra 2005/2006 (CONAB, 2006).

O rendimento de grãos variou de forma quadrática com o incremento da dose de N em cobertura nas duas épocas de semeadura (Figura 11). Entretanto, na época de semeadura preferencial, houve resposta desta variável até a aplicação da dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, enquanto na época tardia o maior rendimento de grãos foi obtido com a aplicação da dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Na época preferencial, a adubação nitrogenada em cobertura elevou o rendimento de grãos de menos de  $6.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , no tratamento testemunha, até  $8.800 \text{ kg ha}^{-1}$ , ao passo que, na época tardia, o incremento no rendimento de grãos proporcionado pela aplicação de N em cobertura foi inferior a  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Dos componentes de rendimento analisados, o número de panículas  $m^{-2}$  foi o determinante no rendimento de grãos. Na época de semeadura preferencial, o incremento da dose de N em cobertura aumentou de forma linear este parâmetro (Figura 13) e, de forma quadrática, o rendimento de grãos (Figura 11). Já na época de semeadura tardia, o número de panículas  $m^{-2}$  não variou em função das doses de adubação nitrogenada aplicadas em cobertura, situando-se ao redor de 600 panículas  $m^{-2}$ , valor similar ao obtido no tratamento sem aplicação de N em cobertura na época preferencial. O rendimento de grãos variou de forma quadrática também na época de semeadura tardia, mas apresentou menor amplitude de valores pela limitação do número de panículas  $m^{-2}$ , componente mais associado ao rendimento de grãos de arroz irrigado.

Com menor número de panículas  $m^{-2}$ , o número de grãos panícula<sup>-1</sup> e o peso dos grãos da época tardia foram superiores. O peso do grão é o componente de rendimento mais estável do arroz irrigado, variando muito pouco com as práticas de manejo. Na época de semeadura tardia, este parâmetro foi apenas 2,2% superior ao obtido na época de semeadura preferencial. A variação está de acordo com a margem de 3% encontrada por Matsushima (1995). Mariot et al. (2003) encontraram resposta quadrática deste parâmetro ao incremento da adubação nitrogenada em cobertura para a cultivar IRGA 410 e ao incremento da densidade de semeadura para as cultivares IRGA 410 e IRGA 417. No entanto, a diferença entre as duas cultivares não ultrapassou 6%.

Menores rendimentos de grãos e número de panículas  $m^{-2}$  na época de semeadura tardia estão relacionados ao menor acúmulo de N nas plantas. O desenvolvimento dos perfilhos diferenciados é dependente do suprimento de nutrientes pelo colmo principal, pois os perfilhos absorvem nutrientes do solo

apenas após a emissão da terceira folha (Handa, 1995). O menor acúmulo de N no emborrachamento nas plantas da época de semeadura tardia em relação à época preferencial (Figura 5) indica menor absorção do nutriente aplicado. Um dos fatores que modula a absorção do N é a disponibilidade de energia, pois o transporte de nitrato para dentro das células é um processo ativo, dependente do bombeamento de prótons  $H^+$  para fora da célula (Bredemeier & Mundstock, 2000). Depois de absorvido, para o nitrato ser assimilado, deve ser reduzido a nitrito através da enzima nitrato redutase, que tem sua atividade regulada pela intensidade luminosa e pelo nível de carboidratos disponível (Sivasankar & Oaks, 1996). Com menor quantidade de N acumulada nos tecidos, a produção de fotoassimilados pela planta é menor, pois o N é um dos principais componentes da clorofila, pigmento que absorve energia solar e desencadeia o processo de fotossíntese pelas plantas (Taiz & Zeiger, 2004). Assim, as menores absorção e assimilação de N na época de semeadura tardia em relação à preferencial limitaram o desenvolvimento da planta e diminuíram a interceptação de radiação solar para produção de fotoassimilados.

Para seis parâmetros avaliados, a interação de época de semeadura e dose de adubação nitrogenada em cobertura foi significativa: rendimento de grãos, número de panículas  $m^{-2}$ , rendimentos de matéria seca e quantidade de N acumulada na parte aérea da planta no emborrachamento e na colheita (Figuras 11, 13, 4, 5, 6 e 8, respectivamente). A resposta desses parâmetros no tratamento sem aplicação de N em cobertura foi superior na época de semeadura tardia em relação à preferencial em todas as interações.

Uma hipótese que pode explicar tais resultados é a maior absorção de N pelas plantas do tratamento testemunha na época tardia em relação à época

preferencial, por beneficiarem-se das condições climáticas no início do desenvolvimento. O principal mecanismo de absorção do N é o fluxo de massa, regulado pela transpiração da planta, que é uma função da taxa de movimento para a raiz e da concentração de nutrientes dissolvidos no solo. (Fitter & Hay, 1992; Marschner, 1995; Jackson & Caldwell, 1996). A evaporação de água das paredes celulares das células do mesófilo foliar gera grandes pressões negativas (ou tensões) na água apoplástica. Tais pressões negativas são transmitidas ao xilema e puxam a água por meio dos condutos do xilema (Taiz & Zeiger, 2004). A maior temperatura do ar no mês de dezembro em relação à novembro (Tabela 1) provoca maior transpiração das plantas semeadas na época tardia e, conseqüentemente, maior absorção de N pelo mecanismo de fluxo de massa que as plantas semeadas na época preferencial. Além da temperatura do ar, nos meses de dezembro e janeiro há maior incidência de radiação solar global, o que pode ter aumentado a eficiência e assimilação do N absorvido.

Outra hipótese é de que as plantas da época tardia tenham sido favorecidas pela forte estiagem que ocorreu durante a estação de crescimento. O nível do Rio Gravataí, do qual foi captada a água para irrigação do experimento, diminuiu, elevando o teor de N total da água, especialmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (Tabela 2). Este fato pode ter interferido nos resultados da adubação nitrogenada, especialmente nos tratamentos sem aplicação de N em cobertura, nas duas épocas de semeadura. Em dezembro, as plantas da época preferencial ainda estavam no período vegetativo, e as análises da água no ponto de captação e de drenagem da EEA/IRGA mostraram que, durante todo o período experimental, a água que saia da lavoura possuía menor teor de N total, demonstrando que as plantas podem se beneficiar do N presente



na água. Cabe ressaltar que em outros experimentos que comparam épocas de semeadura, tratamentos sem aplicação de N em cobertura também apresentaram rendimentos superiores aos de época preferencial de semeadura (Freitas et al., 2005).

O menor rendimento de grãos obtido na época de semeadura tardia em relação à preferencial, nos tratamentos com aplicação de N, está de acordo com o encontrado por diversos autores (Slaton et al., 2003; Mariot et al., 2005; Freitas et al., 2005). Stansel (1975) demonstrou que no período de 42 dias em torno da floração, o arroz necessita da maior quantidade de luz solar possível para que ocorra a produção de pólen para fertilização das espiguetas. Por isso, o decréscimo no rendimento de grãos com atraso na época de semeadura normalmente é atribuído ao aumento da percentagem de esterilidade de espiguetas, devido à ocorrência de temperaturas baixas, principalmente no período de microsporogênese, e à menor disponibilidade de radiação solar próximo à antese (Terres & Gali, 1985; Lima et al., 2005). As temperaturas do ar citadas como críticas neste estágio são de 16 e 30°C, faixa fora da qual a antese é prejudicada (Terres & Gali, 1985). No presente estudo, a esterilidade de espiguetas foi alta nas duas épocas de semeadura (em torno de 20%), (Figura 16). Nos meses de janeiro e fevereiro, em que ocorreu a microsporogênese e antese das plantas das épocas preferencial e tardia, respectivamente, houve apenas um registro de temperatura mínima inferior a 16°C (Apêndice 1). Entretanto, a temperatura máxima foi superior a 30°C em vários dias deste período, o que pode ter determinado a elevada esterilidade de espiguetas.

Outro fator que pode ter influenciado a alta esterilidade de espiguetas na época preferencial foi a ocorrência de uma chuva de granizo sete dias antes

da colheita. As pedras de gelo degranaram as panículas, provocando queda dos grãos, principalmente dos grãos cheios. Estes foram recolhidos manualmente do chão e somados aos demais para estimativa do rendimento e análise dos componentes do rendimento, mas o percentual de espiguetas estéreis pode ter aumentado nesta época devido a este fato.

A eficiência agronômica do N (EAN) aplicado em cobertura reduziu com o incremento da dose de N e com o atraso da época de semeadura (Figura 10). Na época preferencial, a EAN reduziu em 59% quando a dose aplicada aumentou de 60 para 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Na época tardia, a redução da EAN em relação à época preferencial foi da ordem de 70 a 85% nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>. Com a aplicação da dose de 180 kg ha<sup>-1</sup>, a EAN atingiu valor próximo a zero. Este valor evidencia que o N aplicado em cobertura não foi utilizado para produção de grãos, ou seja, foi perdido para o ambiente ou ficou em excesso no tecido vegetal, o que propiciaria o desenvolvimento de doenças se houvesse condições favoráveis. Esta diminuição ocorre porque a produção de grãos não aumenta na mesma proporção que a dose de N aplicada, pois depende de outros fatores, como suprimento de fotoassimilados. Nas últimas décadas, a importância do N para produção de grãos foi destacada, e a facilidade de aquisição e a diversidades de produtos formulados vêm favorecendo o seu uso. Com o incremento das doses de fertilizantes utilizadas, o incremento de rendimento de grãos por kg de nutriente utilizado diminuiu de 15 kg, na década de 1950, para 8 a 10 kg, na década de 1970, e para apenas 6 a 7 na década de 1990 (Xie, 1998).

Apesar da diminuição da EAN, a quantidade de N acumulada na parte aérea da planta no emborrachamento aumentou com o incremento da dose de N aplicada em cobertura (Figura 5). Na época de semeadura preferencial houve

aumento linear, ao passo que na época tardia a variação foi quadrática. Além da diminuição da EAN, o incremento da dose diminuiu a eficiência de uso do N (EUN) absorvido, parâmetro avaliado por Mariot et al. (2003).

Na época de semeadura preferencial, o número de perfilhos foi maior em relação à tardia, provavelmente devido à menor densidade inicial de plantas da época preferencial. A maior densidade inicial de plantas da semeadura da época tardia deve-se à maior temperatura do solo e do ar, pois as sementes utilizadas nas duas épocas tinham o mesmo vigor e potencial de germinação.

O incremento da densidade de semeadura diminuiu o número de perfilhos por planta (Figura 2). O perfilhamento está relacionado à dominância apical que, por sua vez, é influenciada pela razão de luz vermelha (V): vermelha extrema (Ve) da radiação incidente (Ballaré et al., 1992). A absorção de luz V e não absorção de luz Ve pela clorofila modifica a disponibilidade de radiação destas faixas em uma comunidade, e a radiação Ve refletida atua como um sinal precoce de competição, modulando o alongamento do caule e diminuindo o número de perfilhos (Almeida e Mundstock, 2001). Em compensação, o número de perfilhos por planta aumentou com o incremento da dose de adubação nitrogenada em cobertura (Figura 3).

Com incremento da densidade de semeadura, o rendimento de grãos e o número de panículas  $m^{-2}$  aumentaram linearmente (Figuras 12 e 14). Tais respostas estão de acordo com a afirmação de que este é o componente que mais influencia o rendimento de grãos (Gravois & Helms, 1992; Gravois & Helms, 1996). O aumento linear do rendimento de grãos ocorreu na média dos tratamentos, e pode ser explicado pelos tratamentos em que não houve aplicação de N em cobertura ou em que foi aplicada a dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Tabela 2).

Ao comparar o número de panículas  $m^{-2}$  sob diferentes densidades de semeadura e doses de N em cobertura, Carmona (2002) encontrou aumento desta variável com o incremento da densidade de semeadura apenas no tratamento em que não houve aplicação de N em cobertura. Isto demonstra a aplicação de N em cobertura pode compensar menores densidades de semeadura, através do perfilhamento. A diferença do incremento no rendimento de grãos com aumento da densidade de semeadura entre os tratamentos com e sem aplicação de N em cobertura não atingiu o nível mínimo de significância, mas os valores absolutos demonstram que quando não é aplicado N em cobertura, o arroz não compensa a menor população estabelecida por baixa densidade de semeadura.

Ao contrário das cultivares antigas, que tinham o número de panículas  $m^{-2}$  reduzido pela menor densidade de semeadura (Counce, 1987), as cultivares modernas não são prejudicadas com essa redução (Ottis & Talbert, 2005; Gravois & Helms, 1992). Ottis & Talbert (2005) afirmam que menores densidades de semeadura permitem maior interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel devido ao menor sombreamento entre as plantas, e assim o acúmulo de matéria seca e o rendimento de grãos são semelhantes ao encontrado em altas densidades de plantas.

Inversamente ao que ocorreu com o número de panículas  $m^{-2}$ , o incremento da densidade de semeadura diminuiu o número de grãos  $panícula^{-1}$  (Figura 15). Na época de semeadura tardia, o maior número de grãos  $panícula^{-1}$  (13%) compensou, ao menos parcialmente, o menor número de panículas  $m^{-2}$ . Esta variação dos componentes com a época de semeadura demonstra a plasticidade da cultura do arroz, de acordo com o obtido por diversos autores (Casanova et al., 2002; Carmona, 2002; Mariot et al., 2003; Ottis & Talbert, 2005).

O arroz apresenta efeito compensatório e competitivo entre os componentes de rendimento, o que resulta em estabilidade no rendimento de grãos em função da variação da densidade de semeadura (Wu et al.,1998). Assim, densidades mais altas resultam em menor perfilhamento da planta e menor número de grãos por panícula.

Os resultados observados neste trabalho mostram a diferente resposta do arroz irrigado à combinação de práticas de manejo. O efeito da época de semeadura tardia pôde ser compensado parcialmente com a diminuição da dose de N aplicada em cobertura.

## 6. CONCLUSÕES

O rendimento de grãos de arroz irrigado diminui com atraso da semeadura de novembro (época preferencial) para dezembro (época tardia) no estado do Rio Grande do Sul quando é aplicado nitrogênio em cobertura, independente da densidade de semeadura utilizada.

A redução da dose de nitrogênio em cobertura pode diminuir a redução do rendimento de grãos de semeaduras na época tardia.

A eficiência agronômica do nitrogênio aplicado em cobertura diminui com o incremento da dose e com o atraso da época de semeadura.

A manipulação da densidade de semeadura não se constitui em estratégia eficiente para diminuir a redução do rendimento de grãos em semeaduras tardias em anos em que não ocorrem temperaturas baixas.

O componente de rendimento que mais limita a elevação do rendimento de grãos em semeaduras da época tardia é o número de panículas  $m^{-2}$ , por não responder à adubação nitrogenada em cobertura.

Sob baixa disponibilidade de nitrogênio, o arroz semeado em época tardia apresenta maior desenvolvimento em relação ao semeado em época preferencial.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAIR, C.R. Effect of time of seeding on yield, milling quality and other characters of rice. **Journal of American Society of Agronomy**, Washington v.32, p.697-706, 1940.

ALMEIDA, M.; MUNDSTOCK, C.M. O afilhamento da aveia afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.393-400. 2001.

ANGHINONI, I. **Novas Recomendações de Adubação e Calagem para o Arroz Irrigado**. Cachoeirinha: IRGA/Divisão de Pesquisa, 2005. 32p. - (Boletim Técnico, 2).

ASHLOCK, L.A. et al. Planting practices In: Ashlock, L. A. (Ed.) **Arkansas soybean handbook**, p.35-41. Little Rock, AR: Arkansas Coop. Exp. Service, 2000. (Misc Publ, 197).

BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R.; FAGERIA, N.K. Soil-plant interaction on nutrient efficiency in plants: an overview. In BALIGAR, R. V.; DUNCAN, R. R. (Ed.). **Crops as enhancers of nutrient use**. San Diego: Academic, 1990. p.351-373.

BALLARÉ, C.L. et al. Photomorphogenic processes in the agricultural environment. **Photochemistry and Photobiology**, Oxford, v.56, p.777-788. 1992.

BAPTISTA, J.A.; FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. de. Cinética de absorção de amônio e crescimento radicular das cultivares de arroz agulha e bico ganga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.35, n.7, p.1325-1330, 2000.

BREDEMEIR, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.365-372, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).

BUCHANAN-WOLLASTON, V. et al. The molecular analysis of leaf senescence – a genomics approach. **Plant Biotechnology Journal**, Bristol, v.1, n.1, p.3-22, 2003.

CARMONA, L. de C.; BERLATO, M.A. **El niño e la niña e o rendimento de grãos de arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p.127-129.

CARMONA, R.C. **Resposta de cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada em área com rizipiscicultura**. 2002. 49f. Dissertação (Mestrado em Plantas de Lavoura) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CASANOVA, D. et al. Rice yield prediction from yield components and limiting factors. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.17, n.1, p.41-61, 2002.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Componentes del rendimiento em arroz; guia de estudio**. International Rice Research Institute. Traducción y Adaptación: Oscar Arragocés. Cali, Colômbia. CIAT 19 p. 1986.

COCK, J.H.; YOSHIDA, S. Accumulation of  $^{14}\text{C}$ -labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**, Tokyo, v.41, p.226-234, 1972.

COELHO, A.M.; CRUZ, I.C.; FILHO, I.A.P. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? POTAFOS, Encarte de Informações Agrônômicas, **Piracicaba**, n.101, p.1-12, 2003.

CONAB, 2005. **Previsão da safra agrícola 2004/2005. Sexto levantamento, agosto 2005**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005, 30 p. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/download/safra/6levant\\_de\\_safra.pdf](http://www.conab.gov.br/download/safra/6levant_de_safra.pdf)>. Acesso em 22 set. 2005.

COUNCE, P.A. Asymptotic and parabolic yield and linear nutrient content responses to rice population density. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, n.5, p.864-869, 1987.

COUNCE, P.A. KEISLING, T.C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.2, p.436-443, 2000.

CRUZ, R.P. da; MILACH, S.C.K; FEDERIZZI, L.C. Inheritance of rice cold tolerance at the germination stage. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.29, n.2, p.314-320, 2006.

DUY, P.Q. et al. Analysis of the dry matter production process related to yield and yield components of rice plants grown under the practice of nitrogen-free basal dressing accompanied with sparse planting density. **Plant Production Science**, Tokyo, v.7, n.2, p.155-164, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos** – Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EVANS, L.T.; FISCHER, R. A. Yield potential: its definition, measurement, and significance. **Crop Science**, Madison, v.39, n.6, p.1544-1551, 1999.



FAGERIA, N.K. et al. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: M. Dekker, 1997. 624p.

FAO, 2001. **Tecnología para la producción de arroz híbrido**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 2001.

FAO, 2002. **Nutricional contribution of rice: impact of biotechnology and biodiversity in rice consuming countries**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome Italy. Disponível em <<http://www.fao.org/DOCREP/ME-ETING/004/Y6618E/Y6618E00.HTM#references>>. Acesso em: 22 set. 2005.

FAO, 2004. **Rice and human nutrition**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome Italy. Disponível em <<http://www.fao.org/rice2004/en/fsheet/factsheet3.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2005.

FREITAS, T.F.S. de et al. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de níveis de manejo nas épocas de semeadura preferencial e tardia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005. Santa Maria. **Anais...Santa Maria: Editora Orium**, 2005. v.1, p.344-346.

FREITAS, T.F.S. de et al. Validação de escala de desenvolvimento para cultivares brasileiras de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.404-410, 2006.

GASTAL, F. et al. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v.70, n.5, p.437-442, 1992.

GHOSH, M. et al. The effect of planting date and nitrogen management on yield and quality of aromatic rice (*Oryza sativa*). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.142, n.2, p.183-191, 2004.

GRAVOIS, K.A.; HELMS, R.S. Path analysis of rice yield components as affected by seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.1, p.1-4, 1992.

GRAVOIS, K.A.; HELMS, R.S. Seeding rate effects on rough rice yield, head rice, and total milled rice. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.1, p.82-84, 1996.

HANDA, K. Differentiation and development of tiller buds. In: MATSUO, T. et al. (Eds). **Science of the rice plant**. Tokyo Food and Agriculture Policy Research Center. 1995, 3v. V2. Physiology, p.61-65.

HARADA, J.; YAMAZAKI, K. Morphology and development of roots. In: MATSUO, T. et al. (Eds). **Science of the rice plant**. Tokyo. Food and Agriculture Policy Research Center. 1995, 3v. V1. Morphology, p. 737-766.

IRGA, 2006. **Censo da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul – safra 2004/2005**. Porto Alegre: IRGA – Política Setorial, 2006. 122p.

IRRI, 2005. Recent trends in the rice economy: rice production, area and yield. Disponível em <<http://www.irri.org/science/ricestat/pdfs/WRS2005-Table01.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2005.

JIANG, C.-Z.; HIRASAWATA, T.; ISHIHARA, K. Physiological and ecological characteristics of high yielding varieties in rice plants. I. Yield and dry matter production. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v.57, n.1, p.132-138, 1988a.

JIANG, C.-Z.; HIRASAWATA, T.; ISHIHARA, K. Physiological and ecological characteristics of high yielding varieties in rice plants. II. Leaf photosynthetic rate. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v.57, n.1, p.139-145, 1988b.

KOBATA, T.; SUGAWARA, M.; TAKATU, S. Shading during the early grain filling period does not affect potential grain dry matter increase in rice. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, n.3, p.411-417, 2000.

KOBATA, T.; UEMUKI, N. High temperatures during the grain filling period do not reduce the potential grain dry matter increase of rice. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, n.2, p.406-414, 2004.

KOUTROUBAS, S.D. et al. Grain quality variation and relationships with morpho-physiological traits in rice (*Oryza sativa* L.) genetic resources in Europe. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.86, n.2-3, p.115-130, 2004.

KUMURA, A. Physiology of high-yielding rice plants from the viewpoint of dry matter production and its partitioning. In: MATSUO, T et al. (Eds). **Science of the rice plant**. Tokyo, Food and Agriculture Policy Research Center 1995, 3v. V.2. Physiology, p.704-729.

LARROSA, R.F. et al. Eficiência da aplicação de nitrogênio no perfilhamento do arroz em três manejos de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p.745-749, 2001.

LIMA, A.L. et al. Esterilidade de espiguetas de arroz irrigado em função da época de semeadura – safra 2004-/05. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005. Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: Editora Orium, 2005. v.1, p.238-240.

LOPES, M.S. et al. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para cinco linhagens e três cultivares de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999a p.349-350.

LOPES, M.S. et al. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para genótipos de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999b p.346-348.

LUZZARDI, R. et al. Redução da densidade de semeadura e sua influência na produtividade de arroz híbrido irrigado no estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Editora Orium, 2005. v.1, p.342-343.

MAKINO, A. et al. Relation between nitrogen and ribulose 1,5-biphosphate carboxylase in rice leaves from emergence through senescence. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v.25, n.3, p.429-437, 1984.

MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. **Plant and Soil**, Dordresht, v.196, n.2, p.201-210, 1997.

MARIOT, C.H.P. et al. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.233-241, 2003.

MARIOT, C. H.P. et al. Influência da época de semeadura no rendimento de grãos de cultivares de arroz irrigado – safras 2003/04 e 2004/05. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005. Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: Editora Orium, 2005. v.1, p.251- 253.

MARZARI, V. et al. Épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado no sistema convencional de semeadura de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1190-1193, 2005.

MATSUSHIMA, S. Physiology of high-yielding rice plants from the viewpoint of yield components. In: MATSUO, T. et al. (Eds). **Science of the rice plant**. Tokyo, Food and Agriculture Policy Research Center 1995, 3v. V.2. Physiology, p.737-766.

MENEZES, V.G. et al. **Projeto 10: estratégias de manejo para aumentar a produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS**. Cachoeirinha: IRGA. Divisão de pesquisa, 2004, 32p.

MENEZES, V. G.; SILVA, P.R.F.da. Manejo de arroz vermelho através do tipo e arranjo de plantas em arroz irrigado. **Planta Daninha**, Botucatu, v.16, n.1, p.45-58, 1998.

AGATA, K. et al. Effects of dry matter production, translocation of non-structural carbohydrates and nitrogen application on grain filling in rice cultivar Takanari, a cultivar bearing a large number of spikelets. **Plant Production Science**, Tokyo, v.4, n.3, p.173-138, 2001.

OTTIS, B. V.; TALBERT, R. E. Rice yield components as affected by cultivar and seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n.6, p.1622-1625, 2005.

PEDROSO, B.A.; CABRAL, J.T.; GIORI, I.U. Regional de densidade de semeadura para arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 10, 1980, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1980. p.93-95.

PEDROSO, B.A. Densidade e espaçamento entre linhas para arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.40, n.370, p.6-10, 1987.

PINHEIRO, B. da S. et al. **Yield gap in irrigated rice production in Brazil**. In Yield gap and productivity decline in rice production. International Rice Commission, Itália, FAO, 2001.p.227-246.

PULVER, E.; MENEZES, V.G. **Importância da radiação solar sobre a produtividade de arroz irrigado**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25, 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p.146-148.

RIEFFEL NETO, et al. Resposta de genótipos de arroz irrigado ao arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2383-2390, 2000.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: **Arroz Irrigado no Sul do Brasil** – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.259-297.

SILVA, P.R.F. da. **Nitrogen volatilization from rice leaves as affected by genotype, temperature, rate and source of nitrogen applied**. 1980. 99 f. Dissertation (Doctor of philosophy) – The University of Arkansas, [Fayetteville], 1980.

SILVA, P. R. F. da et al. Potencial de rendimento de grãos de arroz irrigado em função de sistemas e níveis de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ARROZ IRRIGADO, 3; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25, 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p.157-159.

SILVA, P. R. F. da et al. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado a três densidades de semeadura e três espaçamentos entre linhas. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21, 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p.153-154.

SINGH, S.P.; PILLAI, K.G. Response of scented rice varieties to nitrogen. **Oryza**, Cuttack, v.33, n.3, p.193-195, 1996.

SIVASANKAR, S.; OAKS, A. Nitrate assimilation in higher plants – the effect of metabolites and light. **Plant Physiology Biochemistry**, Columbia, v.34, n. x, p.609-620, 1996.

SLATON, N.A. et al. Seeding date effect on rice grain yields in Arkansas and Louisiana. **Agronomy Journal**, Madison, v.95, n.1, p.218-223, 2003.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, XXVI REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. Santa Maria: SOSBAI, 2005. 159p.

SOUZA, P.R. Alguns aspectos da influência do clima temperado sobre a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.43, n.389, p.9-11, 1990.

STANSEL, J. W. Effective utilization of sunlight. In: **Six decades of rice research in Texas**. Texas Agric. Exp. Sta. 1975. p. 43-50 (Research Monograph, 4).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

TAKENGA, H. Nutrient absorption in relation to environmental factors. In: MATSUO, T. et al (Eds). **Science of the rice plant**. Tokyo, Food and Agriculture Policy Research Center 1995, 3v. V.2. Physiology, p.278-298.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.

TERRES, A. L.; GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária e Terras Baixas (Pelotas, RS) **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.83-94.

WU, G. et al. Contribution of rice tillers to dry matter accumulation and yield. **Crop Science**, Madison, v.90, n.3, p.317-323, 1998.

XIE, J.C. Present situation and prospects for the world's fertilizer use. **Plant Nutirtion & Fertilization Science**, Beijing, v.4, n.4, p.21-330, 1998.

YANG, X. et al. Characteristics of nitrogen nutrition in hybrid rice. **International Rice Research Notes**, Manila, v.24, n.1, p.5-8, 1999.

YOSHIDA, H.; HORIE, T.; SHIRAIWA, T. A model explaining genotypic and environmental variation of rice spikelet number per unit area measured by cross locational experiments in Asia. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.97, n.2-3, p.337-343, 2006.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI,1981.269 p.

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yeld. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.23, n.3, p.437-464, 1972.

YOSHIDA, S.; PARAO, F.T. Climatic influence on yield and yield components of lawland rice in the tropics. **Climate & Rice**. Los Baños: IRRI, 1976. p.471-494.

## **8. APÊNDICES**

APÊNCICE 1 - Temperaturas (°C) normais de trinta anos do primeiro, segundo e terceiro decêndio dos meses do período experimental no município de Cachoeirinha, RS

		Normais climáticas		
Mês		Temperaturas		Radiação solar média mensal
	Decêndio	Máxima	Mínima	
Novembro	1 <sup>o</sup>	26,3	16,0	487
	2 <sup>o</sup>	26,7	16,7	
	3 <sup>o</sup>	28,3	17,7	
Dezembro	1 <sup>o</sup>	28,8	18,4	520
	2 <sup>o</sup>	29,4	18,7	
	3 <sup>o</sup>	30,1	19,2	
Janeiro	1 <sup>o</sup>	30,7	20,4	517
	2 <sup>o</sup>	30,2	19,9	
	3 <sup>o</sup>	29,8	20,9	
Fevereiro	1 <sup>o</sup>	29,8	21,0	471
	2 <sup>o</sup>	29,4	21,0	
	3 <sup>o</sup>	29,4	19,6	
Março	1 <sup>o</sup>	29,6	20,0	398
	2 <sup>o</sup>	28,4	19,1	
	3 <sup>o</sup>	27,3	18,7	
Abril	1 <sup>o</sup>	26,5	17,3	321
	2 <sup>o</sup>	25,2	15,8	
	3 <sup>o</sup>	24,6	14,7	

APÊNDICE 2 – Resumo da análise de variância das características avaliadas. Cachoeirinha, RS. 2005/2006.

Causas de variação	Quadrados médios				
	GL	Densidade inicial	Nº de perfilhos planta <sup>-1</sup>	Rendimento de MS em R <sub>2</sub>	Quantidade de N acumulada em R <sub>2</sub>
Bloco	2	36494,76 *	6,1440969 *	3708334,9 <sup>ns</sup>	4012,53 <sup>ns</sup>
Época de semeadura	1	64480,66 *	25,6060042 **	116589,3 <sup>ns</sup>	10628,15 *
Bloco x época de semeadura	2	906,26 <sup>ns</sup>	0,2382323	1221045,7 <sup>ns</sup>	3089,20 <sup>ns</sup>
Densidade de semeadura	3	253130,02 **	40,9872903 **	3020617,4 <sup>ns</sup>	1772,08 <sup>ns</sup>
Dose de N	3	238,69 <sup>ns</sup>	4,3826847 **	51438613,6 **	180616,95 **
Época de semeadura x densidade de semeadura	3	12149,02 <sup>ns</sup>	0,3177681 <sup>ns</sup>	1390366,5 <sup>ns</sup>	3377,13 **
Época de semeadura x dose de N	3	6661,19 <sup>ns</sup>	1,3106014 <sup>ns</sup>	10820295,0 **	19778,62 **
Densidade de semeadura x dose de N	9	1171,55 <sup>ns</sup>	0,7367264 <sup>ns</sup>	791765,4 <sup>ns</sup>	2855,64 <sup>ns</sup>
Época de semeadura x densidade de semeadura x dose de N	9	4309,00 <sup>ns</sup>	0,6326431 <sup>ns</sup>	1762224,5 <sup>ns</sup>	4266,78 <sup>ns</sup>
CV(%)		27,93	30,57	16,72	19,21

\* Significativo pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo pelo F-teste



APÊNDICE 2 – Resumo da análise de variância das características avaliadas. Cachoeirinha, RS. 2005/2006 (continuação).

Causas de variação	GL	Quadrados médios				
		Rendimento de MS em R <sub>9</sub>	Quantidade de N acumulada em R <sub>9</sub>	Rendimento de grãos	N <sup>o</sup> panículas m <sup>-2</sup>	N <sup>o</sup> grãos panícula <sup>-1</sup>
Bloco	2	850271,05 <sup>ns</sup>	145,95 <sup>ns</sup>	357853,70 <sup>ns</sup>	4416,13 <sup>ns</sup>	174,09 <sup>ns</sup>
Época de semeadura	1	3659375,51 <sup>*</sup>	65,55 <sup>ns</sup>	2763870,01 <sup>*</sup>	42210,09 <sup>*</sup>	1151,75 <sup>**</sup>
Bloco x época de semeadura	2	1714529,94 <sup>ns</sup>	340,82 <sup>ns</sup>	607450,93 <sup>ns</sup>	548,84 <sup>ns</sup>	2,87 <sup>ns</sup>
Densidade de semeadura	3	3787482,97 <sup>**</sup>	3082,26 <sup>**</sup>	2641968,63 <sup>*</sup>	177719,29 <sup>**</sup>	709,58 <sup>**</sup>
Dose de N	3	18935400,64 <sup>**</sup>	26801,90 <sup>**</sup>	17839889,96 <sup>**</sup>	19346,42 <sup>**</sup>	124,8 <sup>ns</sup>
Época de semeadura x densidade de semeadura	3	96810,35 <sup>ns</sup>	810,04 <sup>ns</sup>	117864,49 <sup>ns</sup>	2111,84 <sup>ns</sup>	89,38 <sup>ns</sup>
Época de semeadura x dose de N	3	8356696,08 <sup>**</sup>	7156,21 <sup>**</sup>	10996908,83 <sup>**</sup>	8788,76 <sup>*</sup>	129,28 <sup>ns</sup>
Densidade de semeadura x dose de N	9	655082,00 <sup>ns</sup>	370,99 <sup>ns</sup>	666811,26 <sup>ns</sup>	2927,91 <sup>ns</sup>	75,66 <sup>ns</sup>
Época de semeadura x densidade de semeadura x dose de N	9	982022,45 <sup>ns</sup>	174,48 <sup>ns</sup>	650232,23 <sup>ns</sup>	4038,54 <sup>ns</sup>	67,04 <sup>ns</sup>
CV(%)		13,69	15,19	10,98	15,31	18,45

\* Significativo pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo pelo F-teste

APÊNDICE 2 – Resumo da análise de variância das características avaliadas. Cachoeirinha, RS. 2005/2006 (continuação).

Causas de variação	Quadrados médios			
	GL	Esterilidade de espiguetas (%)	Peso de grãos	EAN
Bloco	2	5,02 <sup>ns</sup>	0,029 <sup>ns</sup>	19,11 <sup>ns</sup>
Época de semeadura	1	610,03 <sup>**</sup>	0,385 <sup>**</sup>	7207,20 <sup>**</sup>
Bloco x época de semeadura	2	28,87 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	119,85 <sup>ns</sup>
Densidade de semeadura	3	19,37 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	
Dose de N	3	67,41 <sup>**</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	3322,79 <sup>**</sup>
Época de semeadura x densidade de semeadura	3	44,67 <sup>*</sup>	0,032 <sup>ns</sup>	
Época de semeadura x dose de N	3	19,17 <sup>ns</sup>	0,053 <sup>ns</sup>	984,19 <sup>**</sup>
Densidade de semeadura x dose de N	9	49,37 <sup>**</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	
Época de semeadura x densidade de semeadura x dose de N	9	32,51 <sup>*</sup>	0,028 <sup>ns</sup>	
CV(%)		17,95	4,05	26,31

\* Significativo pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo pelo F-teste ao nível de 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo pelo F-teste

## VITA

Thais Fernanda Stella de Freitas, filha de Fernando Roberto Ripalda de Freitas e Rosicler Stella de Freitas, nasceu em 18 de julho de 1981, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Realizou o primeiro grau no colégio N<sup>a</sup> Sra. do Bom Conselho, e o segundo grau no Colégio Anchieta. Em 1999 ingressou na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde desenvolveu atividades como bolsista de iniciação científica no Departamento de Plantas de Lavoura, sob orientação dos professores José Antonio Costa e Paulo Regis Ferreira da Silva.

Graduou-se Engenheira Agrônoma em dezembro de 2004 e em março de 2005 iniciou o curso de Mestrado em fitotecnia da UFRGS, no Departamento de Plantas de Lavoura, sob orientação do professor Paulo Regis Ferreira da Silva.