

sgs 308009

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

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO À DENSIDADE DE
SEMEADURA E À ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Carlos Henrique Paim Mariot
Engenheiro Agrônomo (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

Setembro, 2001

032 188 94
M342x



CARLOS HENRIQUE PAIM MARIOT
Engenheiro Agrônomo - UFRGS

DISSERTAÇÃO

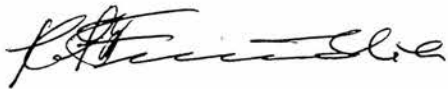
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

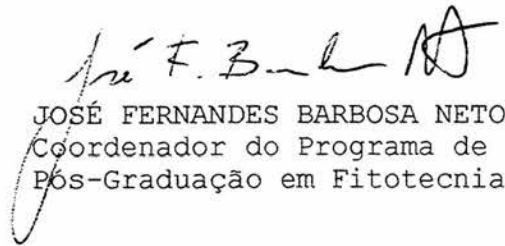
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 02.08.2001
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 24.09.2001
Por



PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA
Orientador-PPG Fitotecnia



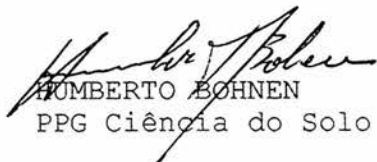
JOSÉ FERNANDES BARBOSA NETO
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia



CLAUDIO MARIO MUNDSTOCK
PPG Fitotecnia



NILSON GILBERTO FLECK
PPG Fitotecnia



HUMBERTO BOHNEN
PPG Ciência do Solo



GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Diretor da Faculdade de
Agronomia

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Cesar e Maria,
pela dedicação em minha
formação, sem os quais não
cumpriria esta etapa em minha
vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Paulo Regis Ferreira da Silva pela amizade e pela orientação tranqüila e motivação durante os cursos de Graduação e de Pós-Graduação.

À minha noiva Rossana Schoenardie pela compreensão, incentivo e carinho.

Ao IRGA por possibilitar a execução dos trabalhos de campo e aos funcionários da Estação Experimental do Arroz pelo apoio, especialmente à equipe de Fitotecnia e ao Engenheiro Agrônomo Valmir Gaedke Menezes.

Aos bolsistas de iniciação científica Leandro L. Teichmann, Everton L. Forsthofer, Mércio L. Strieder e Eduardo A. Manjabosco pelo apoio nos trabalhos de pesquisa.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação pelo companheirismo, amizade e convívio harmônico durante o curso, em especial ao colega Gilber Argenta.

Aos professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS que contribuíram para minha formação.

Ao CNPq pelo apoio financeiro durante parte de meu curso.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	VIII
ABSTRACT	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE APÊNDICES.....	XVI
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I – Competição intra-específica em arroz irrigado em função de densidade de semeadura e adubação nitrogenada	7
1.1. RESUMO.....	7
1.2. INTRODUÇÃO	8
1.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
1.4. RESULTADOS	18
1.4.1. População inicial de plantas.....	18
1.4.2. Número de afilhos por planta	19
1.4.3. Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas	22
1.4.3.1. Estádio de diferenciação do primórdio da panícula	22
1.4.3.2. Estádio de florescimento	25
1.4.4. Porcentagem de colmos férteis.....	25
1.4.5. Porcentagem de colmos inférteis e/ou mortos	26
1.4.6. Número de panículas por planta	27

1.4.7. Número de grãos formados por planta.....	30
1.4.8. Índice de colheita.....	33
1.5. DISCUSSÃO	33
1.6. CONCLUSÕES	39
CAPÍTULO II – Rendimento de grãos e eficiência de uso de nitrogênio em arroz irrigado em função de densidade de semeadura e adubação nitrogenada	41
2.1. RESUMO.....	41
2.2. INTRODUÇÃO	42
2.3. MATERIAL E MÉTODOS	45
2.4. RESULTADOS	51
2.4.1. Quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas.....	51
2.4.1.1. Estádio de diferenciação do primórdio da panícula....	51
2.4.1.2. Estádio de florescimento	53
2.4.2. Eficiência de uso do nitrogênio na parte aérea das plantas.....	54
2.4.2.1. Estádio de diferenciação do primórdio da panícula....	54
2.4.2.2. Estádio de florescimento	56
2.4.3. Eficiência de uso do nitrogênio nos grãos.....	56
2.4.4. Rendimento de grãos.....	57
2.4.5. Número de panículas por área.....	59
2.4.6. Número de grãos formados por panícula.....	62
2.4.7. Peso de 1.000 grãos.....	64
2.4.8. Esterilidade de espiguetas.....	66
2.5. DISCUSSÃO	66
2.6. CONCLUSÕES	72
CONCLUSÕES GERAIS.....	74

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICES.....	82
VITA.....	95

RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO À DENSIDADE DE SEMEADURA E À ADUBAÇÃO NITROGENADA ¹

Autor: Carlos Henrique Paim Mariot

Orientador: Paulo Regis Ferreira da Silva

RESUMO GERAL

A resposta do arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada como fatores simples é bem conhecida; no entanto, pouco se sabe sobre a interação desses dois fatores. Com o objetivo de avaliar a resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e ao nitrogênio (N) aplicado quanto às características morfofisiológicas e agronômicas, foram conduzidos experimentos a campo em Cachoeirinha, RS, nas estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000. Na pesquisa, avaliou-se a competição intra-específica (Capítulo I) e o rendimento de grãos e eficiência de uso de nitrogênio (EUN) (Capítulo II) em função de duas cultivares de arroz (BR-IRGA 410 e IRGA 417), de quatro densidades de semeadura (50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de sementes) e de quatro níveis de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). A redução dos números de filhotes, de panículas e de grãos formados por planta com incremento da população de plantas, evidencia aumento da competição intra-específica. As plantas da cultivar BR-IRGA 410 apresentam maior habilidade competitiva dentro de uma população do que as da IRGA 417, uma vez que produzem mais massa seca na parte aérea, por unidade de área. A resposta do rendimento de grãos das cultivares de arroz ao N aplicado não é influenciada pela densidade de semeadura, exceto na densidade mais baixa e em apenas um dos anos. O rendimento de grãos de arroz apresenta resposta elástica à densidade de plantas, pois não varia sob ampla faixa de densidade de semeadura, o que se deve à compensação entre os componentes do rendimento. A resposta à adubação nitrogenada varia com a estação de crescimento, mas é maior na cultivar BR-IRGA 410 do que na IRGA 417. A EUN é maior na cultivar BR-IRGA 410, mas diminui com incremento da adubação nitrogenada.

¹Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (95p.) Setembro, 2001.

RESPONSE OF FLOODED RICE CULTIVARS TO SEEDING AND NITROGEN RATES¹

Author: Carlos Henrique Paim Mariot
Adviser: Paulo Regis Ferreira da Silva

ABSTRACT

The response of flooded rice to seeding and nitrogen rates as single factors is well-known; however, less is known about the interaction of these two factors. With the objective to evaluate the response of two flooded rice cultivars to seeding and applied nitrogen (N) rates in relation to their morphological, physiological, and agronomic traits, field experiments were carried out in the State of Rio Grande do Sul, Brazil, in the 1998/99 and 1999/2000 growing seasons. In the research, it was evaluated intra-specific competition (Chapter I) and grain yield and nitrogen use efficiency (NUE) (Chapter II) as functions of two rice cultivars (BR-IRGA 410 and IRGA 417), four seeding rates (50, 100, 150, and 200 kg ha⁻¹), and four N rates (0, 40, 80, and 120 kg ha⁻¹). Reductions of tiller number, panicle number and number of filled grains per plant with increment of plant population indicate an increase of intra-specific competition. Plants of BR-IRGA 410 cultivar present higher competitive ability within a population than plants of IRGA 417, since they produce more shoot dry mass per area. Grain yield response of both rice cultivars to applied N is not influenced by seeding rate, except in the lowest seeding rate in only one year. Grain yield presents elastic response to plant density, because it does not vary within the spectrum of seeding rates tested, which is due to compensation among yield components. Response to N varies according to the growing season and is higher for BR-IRGA 410 cultivar than for IRGA 417. NUE is higher in the BR-IRGA 410, but it decreases with the increment of applied N.

¹Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (95p.) September, 2001.

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1.1- Fenologia de duas cultivares de arroz irrigado em duas estações de crescimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS	14
TABELA 1.2- Épocas de avaliação das variáveis em duas cultivares de arroz irrigado durante duas estações de crescimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS.....	16
TABELA 2.1- Estádios fenológicos de duas cultivares de arroz irrigado em duas estações de crescimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS.....	47
TABELA 2.2- Períodos de avaliação das variáveis em duas cultivares de arroz irrigado durante duas estações de crescimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS.....	49

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1.1- População inicial de plantas de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	18
FIGURA 1.2- População inicial de plantas de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	19
FIGURA 1.3- Número de afilhos por planta de arroz irrigado, avaliado entre os estádios 3 e 4 (IRRI, 1996), em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	20
FIGURA 1.4- Número de afilhos por planta de arroz irrigado, avaliado entre os estádios 3 e 4 (IRRI, 1996), em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	20
FIGURA 1.5- Número de afilhos por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b), avaliado entre os estádios 3 e 4 (IRRI, 1996), em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	21
FIGURA 1.6- Número de afilhos por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b), avaliado entre os estádios 3 e 4 (IRRI, 1996), em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	22
FIGURA 1.7- Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99	23

- FIGURA 1.8-** Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) na diferenciação do primórdio da panícula em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99..... 24
- FIGURA 1.9-** Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas de duas cultivares de arroz irrigado na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de semeadura, na média de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000 24
- FIGURA 1.10-** Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas de duas cultivares de arroz irrigado no florescimento em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000..... 25
- FIGURA 1.11-** Porcentagem de colmos férteis de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99..... 26
- FIGURA 1.12-** Porcentagem de colmos inférteis e/ou mortos de plantas de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99..... 27
- FIGURA 1.13-** Número de panículas por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99 28
- FIGURA 1.14-** Número de panículas por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99..... 29
- FIGURA 1.15-** Número de panículas por planta de duas cultivares de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000 29
- FIGURA 1.16-** Número de grãos formados por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99..... 30

FIGURA 1.17- Número de grãos formados por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	31
FIGURA 1.18- Número de grãos formados por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	32
FIGURA 1.19- Número de grãos formados por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	32
FIGURA 1.20- Índice de colheita em arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000	33
FIGURA 2.1- Quantidade de nitrogênio (N) acumulado na parte aérea das plantas das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	52
FIGURA 2.2- Quantidade de nitrogênio (N) acumulado na parte aérea das plantas das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) na diferenciação do primórdio da panícula em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	53
FIGURA 2.3- Quantidade de nitrogênio (N) acumulado na parte aérea das plantas de arroz irrigado na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	54
FIGURA 2.4- Eficiência de uso do nitrogênio (EUN) na parte aérea das plantas de arroz irrigado na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	55

FIGURA 2.5- Eficiência de uso do nitrogênio (EUN) na parte aérea das plantas de arroz irrigado na diferenciação do primórdio da panícula em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	56
FIGURA 2.6- Eficiência de uso do nitrogênio (EUN) nos grãos de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	57
FIGURA 2.7- Rendimento de grãos de duas cultivares de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	58
FIGURA 2.8- Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	59
FIGURA 2.9- Número de panículas de arroz irrigado por área em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	60
FIGURA 2.10- Número de panículas por área das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	61
FIGURA 2.11- Número de panículas por área das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	62
FIGURA 2.12- Número de grãos formados por panícula de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	63
FIGURA 2.13- Número de grãos formados por panícula de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	63
FIGURA 2.14- Número de grãos formados por panícula de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	64

- FIGURA 2.15-** Peso de 1.000 grãos de duas cultivares de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99..... 65
- FIGURA 2.16-** Peso de 1.000 grãos de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000 66

LISTA DE APÊNDICES

	Página
APÊNDICE 1- Temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar diária ocorridas durante o período experimental, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	82
APÊNDICE 2- Temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar diária ocorridas durante o período experimental, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	85
APÊNDICE 3- Resumo da análise de variância para a variável população inicial de plantas, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99	88
APÊNDICE 4- Resumo da análise de variância para variáveis avaliadas no arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.....	89
APÊNDICE 5- Resumo da análise de variância para a variável população inicial de plantas, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000	91
APÊNDICE 6- Resumo da análise de variância para variáveis avaliadas no arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.....	92
APÊNDICE 7- Laudos de análise da água de irrigação utilizada no experimento nas duas estações de crescimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS.....	94

INTRODUÇÃO GERAL

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o alimento básico para a grande maioria da população da América Latina, do Caribe e da Ásia. Este cereal é responsável por 18 % das calorias e 12 % das proteínas da dieta básica da população brasileira, constituindo-se na principal fonte de calorias para grande parcela da população de mais baixa renda do País (Pereira et al., 1990).

Na América Latina e Caribe, a produção total de arroz irrigado aumentou de 3,9 para 16,5 milhões de toneladas entre 1961 e 1996, representando 81 % do total da produção de 20,4 milhões de toneladas, incluso o arroz de sequeiro (Sanint, 1997). No mesmo intervalo de tempo, o rendimento de arroz irrigado passou de 2,2 para 4,3 t ha⁻¹.

A produção mundial de arroz no ano de 2000 ocupou área de 153,8 milhões de hectares, com produtividade média de 3,89 t ha⁻¹ (FAO, 2001). Em nível mundial, observa-se, desde 1980, uma estabilização na área cultivada com arroz, sendo pouco provável que haja aumento significativo nos próximos anos (Khush, 1994). Pelo contrário, segundo o autor, essa área tende a diminuir devido à pressão da urbanização e da industrialização para ocupar áreas de solo de qualidade para seu cultivo. Este fato torna imprescindível a busca de tecnologias para aumentar o potencial de rendimento de grãos dessa cultura, bem como a sua sustentabilidade na cadeia produtiva.

No Brasil, na estação de crescimento de 2000/01, o cultivo do arroz ocupou área de, aproximadamente, 3,38 milhões de hectares, com rendimento médio de $3,23 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2001), enquanto no Rio Grande do Sul, nesta mesma estação, foram cultivados 937.490 hectares, com produtividade média de $5,48 \text{ t ha}^{-1}$ (IRGA, 2001).

A produção de arroz no Brasil é originária, principalmente, de lavouras irrigadas do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina, que contribuem com quase 60 % da produção nacional. Somente o RS, com 25 % da área cultivada, contribui com cerca de 46 % da produção brasileira. No contexto da economia gaúcha, a orizicultura contribui com 28 % da produção total de grãos, representando 2 % do produto interno bruto e 5 % do ICMS arrecadado (IRGA, 1997).

Devido à importância econômica, cultural e nutricional do arroz, inúmeros trabalhos de pesquisa são realizados anualmente em nível mundial, buscando gerar novas tecnologias para aumentar a produção e a produtividade. Nesses trabalhos, as investigações nas áreas de melhoramento genético e de manejo da cultura constituem-se em atividade indispensável, buscando o aumento da produtividade, com máximo aproveitamento dos insumos utilizados. Dentre esses insumos, a determinação da quantidade adequada de sementes na semeadura e de adubo nitrogenado são muito importantes no sistema de produção.

A densidade de semeadura que resulta em maior produtividade e em melhor aproveitamento dos recursos do ambiente e dos insumos disponíveis, é determinada pela competição entre plantas da mesma espécie, denominada competição intra-específica (Pereira, 1989), em condições não limitantes de

outros fatores. Em populações de plantas de arroz, a competição por luz é bem maior àquela por nitrogênio, sob adequado suprimento deste nutriente (Kawano et al., 1974). No entanto, segundo estes autores, em condição de baixa disponibilidade de nitrogênio, as plantas competem inicialmente por este nutriente do solo e, só então, por luz.

Diversos trabalhos foram realizados no Estado do Rio Grande do Sul com o propósito de determinar a densidade de semeadura mais adequada para as cultivares e/ou linhagens de arroz irrigado. A maioria dos resultados mostrou que o incremento da densidade de sementes de 100 para 200 kg ha⁻¹ aumentam a população inicial de plantas e o número de colmos e de panículas por metro quadrado em relação a densidades menores, sem resultarem, todavia, em elevação do rendimento de grãos (Pedroso et al., 1975; Carmona et al., 1979; Souza, 1979; Infeld & Zonta, 1980; Pedroso et al., 1980; Pedroso & Reginatto, 1981; Pedroso, 1987; Silva et al., 1995).

Sob baixas densidades, aumenta o número de afilhos por planta e o de grãos formados por panícula, em relação a densidades mais elevadas, compensando, desta forma, o menor número inicial de plantas por unidade de área. Esta compensação que se verifica nos componentes do rendimento, explica o fato de diversos autores não terem encontrado diferenças significativas no rendimento de grãos com aumento da densidade de semeadura, dentro de uma determinada faixa de valores (Ghobrial, 1983; Krishnarajan et al., 1984; Jones & Snyder, 1987; Gravois & Helms, 1992).

A densidade de semeadura recomendada para cultivo do arroz irrigado na Região Sul do Brasil para o sistema de semeadura em linhas é de 400 a 500 sementes aptas por metro quadrado, para garantir população inicial de 200

a 300 plantas por metro quadrado, uniformemente distribuídas (EMBRAPA, 1999b).

O nitrogênio é um macronutriente essencial para as plantas, pois faz parte da molécula das clorofilas, dos citocromos e de todas as enzimas e coenzimas. Além disso, esse nutriente desempenha papel importante na formação dos órgãos reprodutivos e dos grãos de arroz (Barbosa Filho, 1987). É também constituinte das proteínas e dos ácidos nucléicos responsáveis pela transferência de informação genética (Arima, 1995). Segundo Murayama (1979), a massa seca da planta inteira de arroz contém de 1,5 a 2,5% de nitrogênio no estágio de início de formação da panícula.

Depois do hidrogênio, carbono e oxigênio, o nitrogênio é o elemento encontrado em maior quantidade nas plantas (Arima, 1995). Em consequência disto, os adubos nitrogenados são os mais consumidos em nível mundial, superando as quantidades utilizadas de fósforo e de potássio (Raij, 1991). Devido a sua importância e às suas rápidas transformações no solo, o nitrogênio tem sido estudado intensamente com propósito de maximizar a eficiência de seu uso. Para tanto, tem-se buscado redução de perdas de nitrogênio no solo e melhoria da sua absorção e assimilação pelas plantas (Bredemeier & Mundstock, 2000).

Vários testes foram realizados para determinar a resposta do arroz à adubação nitrogenada. Muitos destes trabalhos comprovaram a importância da adubação nitrogenada como fator de incremento do rendimento de grãos e de aumento do número de colmos e de panículas por metro quadrado (Ghobrial, 1983; Krishnarajan et al., 1984; Chau et al., 1985; Westcott & Vines, 1984; Singh & Pillai, 1996; Lopes et al., 1999a, 1999b).

As cultivares de arroz apresentam diferenças em relação ao uso do nitrogênio. Assim, híbridos de arroz apresentam maior potencial de absorção de nitrogênio pelas raízes e maior eficiência no seu uso que genótipos convencionais (Yang et al., 1999), especialmente nos estádios de afilhamento e de emergência da panícula até o enchimento de grãos (Yang, 1987 apud Yang et al., 1999). Esta maior eficiência deve-se ao maior rendimento de grãos obtido por unidade de nitrogênio aplicado pelos híbridos em relação aos genótipos convencionais (Lin & Yuan, 1980; Yang, 1987 apud Yang et al., 1999).

Cultivares de arroz irrigado do tipo moderno de planta, de estatura baixa e com alta capacidade de afilhamento, respondem a doses mais elevadas de adubação nitrogenada. Por outro lado, cultivares do tipo tradicional de planta, com maior estatura e baixa capacidade de afilhamento, raras vezes respondem à aplicação de mais de 30 a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Chandler, 1984).

Na cultura do arroz irrigado, a diferença de resposta à adubação nitrogenada está associada, principalmente, aos regimes de temperatura do ar e de radiação solar incidentes durante as fases vegetativa e reprodutiva. Em anos com maior temperatura e radiação solar e, portanto, com maior disponibilidade de energia fotossintética, a resposta à adubação nitrogenada e os rendimentos de grãos são maiores (Barbosa Filho, 1987). No entanto, nessa condição, as perdas de nitrogênio por volatilização, através do aumento da transpiração nas folhas com temperaturas mais elevadas, geralmente são maiores (Silva, 1980).

A adubação nitrogenada é benéfica para a cultura do arroz irrigado. No entanto, há poucas referências quanto à sua relação com densidade de

semeadura, ou seja, não se tem determinado em nível experimental até que ponto uma maior suplementação de nitrogênio pode compensar uma baixa densidade inicial de plantas. Alguns trabalhos associando níveis de densidade de semeadura e níveis de adubação nitrogenada em arroz irrigado não revelaram interação significativa entre esses fatores para rendimento de grãos (Ghobrial, 1983; Krishnarajan et al., 1984; Reddy et al., 1986). Entretanto, espera-se que a aplicação de doses mais elevadas de nitrogênio compensem densidades de semeadura mais baixas, já que este nutriente estimula o afilhamento da planta.

Com o objetivo de avaliar a resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada, quanto às suas características morfofisiológicas e agronômicas, foi conduzido um experimento a campo durante duas estações de crescimento (1998/99 e 1999/2000). Na pesquisa, avaliou-se a competição intra-específica (Capítulo I) e o rendimento de grãos e eficiência de uso do nitrogênio (Capítulo II), em função desses três fatores.

CAPÍTULO I

COMPETIÇÃO INTRA-ESPECÍFICA EM PLANTAS DE ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DE DENSIDADE DE SEMEADURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA

1.1. RESUMO

A competição entre plantas de uma mesma espécie ou dentro de cada planta determina a escolha ou a utilização da população de plantas que resultará em maior produtividade e melhor aproveitamento dos recursos do ambiente e dos insumos disponíveis, dentre os quais o uso do adubo nitrogenado. Este trabalho teve por objetivo avaliar a competição intra-específica de duas cultivares de arroz irrigado em função de densidade de plantas e nível de nitrogênio aplicado, em termos de características morfofisiológicas. Dois experimentos a campo foram conduzidos durante as estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000 na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz, em Cachoeirinha, RS. Os tratamentos constituíram-se de duas cultivares de arroz irrigado (BR-IRGA 410 e IRGA 417), de quatro densidades de semeadura (50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) e de quatro níveis de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). A adubação nitrogenada foi aplicada em cobertura, sendo parcelada em duas épocas e em

doses iguais. As variáveis avaliadas foram: população inicial de plantas, número de afilhos por planta, rendimento de massa seca, porcentagem de colmos férteis e de colmos inférteis e/ou mortos, número de panículas e de grãos por planta e índice de colheita. A competição intra-específica aumenta com incremento da população de plantas, uma vez que reduz os números de afilhos, de panículas e de grãos por planta, independentemente do nível de nitrogênio aplicado. Com incremento da adubação nitrogenada aumenta o afilhamento, intensificando a competição entre plantas e intra-planta. As plantas da cultivar BR-IRGA 410 apresentam maior habilidade competitiva dentro de uma população do que as da IRGA 417, por produzirem mais fitomassa por área.

1.2. INTRODUÇÃO

Quando dois ou mais indivíduos requerem um mesmo fator de crescimento, sem que o ambiente possa supri-lo simultaneamente em quantidade adequada, estabelece-se competição entre os mesmos (Donald, 1963; Fischer, 1985). A competição entre plantas de mesma espécie, denominada competição intra-específica, determina a densidade de semeadura e a conseqüente população de plantas que resulta em maior produtividade e em melhor aproveitamento dos recursos do ambiente e dos insumos disponíveis para cada cultivar (Pereira, 1989; Loomis & Connor, 1992). A competição entre plantas pode ocorrer por água, luz e nutrientes (Loomis & Connor, 1992; Castro & Garcia, 1996), mas também por O_2 e CO_2 (Donald, 1963).

Plantas que apresentam menor competição intra-específica podem formar comunidades com indivíduos mais produtivos (Donald, 1968), com elevada fitomassa e alto índice de colheita, resultando em maior rendimento de grãos (Sedgley, 1991 apud Almeida et al., 1998), através da exploração mais eficiente do ambiente (Almeida et al., 1998). Assim, Donald (1968) definiu que o melhor tipo de planta seria aquele que fosse um competidor fraco. As características deste tipo de planta são: (i) tolerância a plantas da mesma espécie em alta densidade, (ii) investimento mínimo em estruturas morfológicas e (iii) capacidade de resposta à melhoria do ambiente (Sedgley, 1991 apud Almeida et al., 1998).

A competição por recursos do meio provoca alteração nas características morfológicas e fisiológicas da planta (Pereira, 1989; Loomis & Connor, 1992). O aumento da população de plantas por área reduz as produções de massa seca e de grãos por planta. Esta resposta pode ser atribuída a maior competição ocasionada pela maior proximidade entre plantas (Fischer, 1985; Pereira, 1989). Por outro lado, população de plantas abaixo da ideal apresentará produção de grãos por área aquém do potencial máximo. O aumento do número de plantas por unidade de área com incremento da densidade, compensa aquela menor produção de grãos por planta. Esta compensação é máxima na densidade ótima de plantas (Donald, 1963; Fischer, 1985; Pereira, 1989; Loomis & Connor, 1992).

A produção máxima de grãos obtida por unidade de área é resultado da interação da competição entre plantas (intra-específica) e da competição na própria planta (intra-planta), sendo a segunda de maior intensidade (Donald, 1963). Segundo Fujita & Yoshida (1984), a panícula, o colmo e a bainha da

folha bandeira desenvolvem-se simultaneamente em arroz, determinando uma competição entre estruturas na própria planta. De acordo com esses autores, quando o suprimento de fotoassimilados é limitado, esses órgãos competem entre si. Jennings & Jesus (1968), apud Pereira (1989), encontraram associação negativa entre produtividade de grãos e competitividade em plantas de arroz, ou seja, quanto mais competitivas forem as plantas, maior o seu investimento na produção de colmos e folhas, em detrimento da formação de grãos, resultando em menor índice de colheita.

Comunidades com populações mais elevadas de plantas apresentam maior interceptação de radiação solar e taxa de crescimento muito mais rápida do que aquelas com baixa população de plantas (Fischer, 1985; Loomis & Connor, 1992). Por essa razão, no início do ciclo de desenvolvimento da cultura há maior produção de massa seca, vantagem que diminui no decorrer da estação de crescimento (Loomis & Connor, 1992).

Em densidades de semeadura elevadas, a competição intra-específica pode ocorrer já no estabelecimento inicial das plântulas. Com incremento da densidade de semeadura, há aumento da população inicial de plantas de arroz, mas ocorre redução do número de plântulas sobreviventes (Miller et al., 1991).

Em condições de adequada disponibilidade de nitrogênio, as plantas competem principalmente por luz. No entanto, sob baixa disponibilidade deste nutriente, as plantas competem inicialmente pelo nitrogênio existente no solo e apenas depois por luz (Kawano et al., 1974). Segundo Castro & Garcia (1996), a competição por luz entre plantas da mesma espécie é mais importante que a por substrato. Este tipo de competição é diferente daquela que ocorre por outros recursos, uma vez que a luz não provém de fonte esgotável. A luz está

disonível na forma de fóton, na qual deve ser interceptada e absorvida pelas folhas. Caso não ocorra absorção, a luz é desperdiçada, não servindo como fonte de energia para a fotossíntese (Donald, 1963; Fischer, 1985).

O estudo da competição intra-específica pode auxiliar na recomendação da densidade de semeadura mais adequada para o arroz irrigado. O número ideal de plantas por unidade de área seria aquele em que houvesse maior equilíbrio na ocupação do espaço e na utilização dos recursos disponíveis e menor competição entre os indivíduos. Até hoje, poucos trabalhos relacionaram a densidade de semeadura com adubação nitrogenada e quantificaram as principais alterações morfofisiológicas que ocorrem nas plantas de arroz irrigado em função da competição que se estabelece entre plantas. Baseado nesses aspectos, este trabalho teve por objetivo avaliar a competição intra-específica em duas cultivares de arroz irrigado, em função da densidade de semeadura e do nível de nitrogênio aplicado, em termos de características morfofisiológicas de plantas.

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos a campo, um durante a estação de crescimento de 1998/99 e o outro em 1999/2000, em área da Estação Experimental do Arroz (EEA), do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), localizada no município de Cachoeirinha, região climática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, situada a 29°55'30" de latitude sul e a 50°8'21" de longitude oeste e à altitude de 7 m.

O solo da área experimental é classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico Típico (EMBRAPA, 1999a). Os valores das principais

características físico-químicas do solo analisado foram: 14% de argila; pH em água: 4,7; índice SMP: 6,5; 1,5 % em $m\ v^{-1}$ de matéria orgânica; 9,8 $mg\ L^{-1}$ de fósforo; 36 $mg\ L^{-1}$ de potássio; 1,0 $cmol_c\ L^{-1}$ de cálcio; e 0,3 $cmol_c\ L^{-1}$ de magnésio.

O clima da referida região é do tipo sub-tropical úmido, conforme classificação de Köppen (BRASIL, 1973), sendo considerado como de transição entre os tipos Cfa_1 (isoterma anual inferior a $18^\circ C$) e Cfa_2 (isoterma anual superior a $18^\circ C$). As temperaturas médias do ar são $14,3^\circ C$ no mês mais frio (junho) e $25,2^\circ C$ no mês mais quente (janeiro), e a média anual é $19,6^\circ C$. A precipitação pluvial média anual é de 1398 mm (IPAGRO, 1979). Os dados diários de temperatura máxima e mínima e de radiação solar durante o período de condução dos experimentos foram obtidos no posto agrometeorológico da EEA e estão relacionados nos Apêndices 1 e 2, respectivamente para as estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000.

Cada experimento foi constituído por 32 tratamentos, associando duas cultivares de arroz irrigado a quatro densidades de semeadura e a quatro níveis de nitrogênio. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, dispostos em fatorial $2 \times 4 \times 4$, com quatro repetições. As unidades experimentais apresentaram área de $16\ m^2$ ($8 \times 2\ m$) e de $13,4\ m^2$ ($6,7 \times 2\ m$), respectivamente nas estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000, sendo compostas por 10 linhas de semeadura, espaçadas de 20 cm.

As cultivares de arroz irrigado utilizadas foram BR-IRGA 410 e IRGA 417, ambas caracterizadas como sendo do tipo moderno de plantas, apresentando baixa estatura e alta capacidade de afilhamento, folhas curtas e eretas e grãos longo-finos. Elas diferenciam-se principalmente pela duração do

cio, sendo a primeira de ciclo médio (125-130 dias da emergência à maturação plena) e a segunda de ciclo precoce (110-115 dias) (EPAGRI, 1997). As densidades de semeadura foram 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de sementes aptas, correspondendo a aproximadamente 180, 360, 540 e 720 sementes m⁻², respectivamente. Os níveis de nitrogênio aplicado foram 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹.

O preparo do solo foi realizado em área previamente sistematizada no sistema de cultivo convencional, através de operações de lavração, gradagens e passagem de rolo destorroador. A adubação de base foi realizada entre operações de gradagens, quando foram incorporados ao solo 90 kg ha⁻¹ de K₂CO₃, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando-se como fontes, respectivamente, cloreto de potássio, com 60% de K₂O e superfosfato triplo, com 45% de P₂O₅. A semeadura do arroz foi realizada em 6 de novembro de 1998 e em 22 de novembro de 1999, respectivamente no primeiro e no segundo anos, através de semeadora de parcelas acoplada ao trator.

Neste trabalho, a descrição dos estádios de crescimento seguirá a escala preconizada pelo International Rice Research Institute (IRRI) (1996). A emergência das plântulas (estádio 2) ocorreu 13 dias (19/11/1998) e 12 dias (4/1/1999) após a semeadura, respectivamente nas estações de crescimento de 1998/99 e de 1999/2000. A fenologia da cultura encontra-se descrita na Tabela 1.1.

A adubação nitrogenada foi aplicada em cobertura, utilizando-se uréia com fonte (45% de nitrogênio), sendo parcelada em duas épocas e em doses iguais. A primeira dose de nitrogênio foi aplicada aos 12 e aos 15 DAE (entre os estádios 2 e 3) na primeira e segunda estações de crescimento,

respectivamente. A segunda dose da adubação nitrogenada foi aplicada aos 40 e aos 44 DAE, correspondendo a 10 e a 2 dias antes do início de diferenciação da panícula (entre os estádios 3 e 4) da cultivar IRGA 417 e, a 17 e a 6 dias antes do início de diferenciação da panícula da BR-IRGA 410, respectivamente nas estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000.

TAELA 1.1 – Fenologia de duas cultivares de arroz irrigado em duas estações de crescimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS

Estádio de crescimento	BR-IRGA 410 (DAE ¹)		IRGA 417 (DAE)		Estádio ²
	1998/99	1999/00	1998/99	1999/00	
DP ³	57	50	50	46	3 a 4
Florescimento ⁴	82	77	76	70	6
Maturação de colheita ⁵	125	123	117	115	9

¹ di: após a emergência das plântulas;

² estádio de crescimento segundo escala do IRRRI (1996);

³ diferenciação do primórdio da panícula;

⁴ considerado quando mais de 50 % das plantas encontravam-se neste estágio de crescimento;

⁵ considerado quando os grãos atingiram teor de umidade igual ou inferior a 23 %.

O controle de plantas daninhas foi realizado através da aplicação de herbicidas em pós-emergência quando as mesmas (principalmente espécies da família Poaceae) apresentavam de duas a três folhas. Foram aplicados, com mistura em tanque, 6 L ha⁻¹ de propanil (360 g L⁻¹ i.a.) e 0,75 kg ha⁻¹ de quiclorac (500 g kg⁻¹ i.a.) aos 5 DAE, na estação de crescimento de 1998/99; e 6 L ha⁻¹ de propanil (360 g L⁻¹ i.a.), 0,80 L ha⁻¹ de clomazone (500 g L⁻¹ i.a.) e 0,0 L ha⁻¹ de pyrazolsulfuron (250 g L⁻¹ i.a.) aos 6 DAE, na estação de crescimento de 1999/2000. Para controle de larvas de bicheira da raiz (*Orizophagus oryzae* Lima, 1936) foi aplicado, no primeiro ano, 7 kg ha⁻¹ do inseticida carbofuran (100 g kg⁻¹ i.a.) aos 35 DAE. Para evitar o ataque de bicheira da raiz no segundo ano, foi realizado tratamento de sementes com o inseticida fipronil (250 g L⁻¹ i.a.), na dose de 0,25 L 100 kg⁻¹ de sementes.

A irrigação teve início aos 7 (1998/99) e aos 13 DAE (1999/2000), sendo matada uma lâmina de água constante de 5 a 10 cm de altura sobre o solo. A sucessão da irrigação ocorreu quando as plantas da cultivar BR-IRGA 410 atingiram maturação de colheita (umidade dos grãos igual ou menor a 23% - estdio 9). As demais práticas culturais foram realizadas conforme as recomendações técnicas da pesquisa para o arroz irrigado no Sul do Brasil (EAGRI, 1997; EMBRAPA, 1999b).

As variáveis população inicial de plantas, número de afilhos por planta, porcentagem de colmos férteis, porcentagem de colmos inférteis e/ou mortos, número de grãos formados por planta e índice de colheita foram determinadas em uma mesma área pré-demarcada de 0,30 m² por unidade experimental. Com exceção das variáveis rendimento de massa seca, obtido no florescimento (estdio 6), e índice de colheita, que foram avaliadas apenas na segunda estação de crescimento, todas as demais foram determinadas nas duas estações de crescimento. As épocas de avaliação das variáveis nos dois anos de execução dos experimentos, expressas em dias após a emergência e em estdio de crescimento, estão descritas na Tabela 1.2.

A população inicial de plantas foi obtida através da contagem de plantas emergidas. O número de afilhos por planta foi determinado pela diferença entre o número de colmos e a população inicial de plantas na área demarcada. O rendimento de massa seca das plantas foi obtido através da coleta da parte aérea das plantas em área de 0,30 m² por unidade experimental, deixando-se secar em estufa a $\pm 65^{\circ}\text{C}$ até atingir peso seco constante.

As variáveis porcentagem de colmos férteis, porcentagem de colmos inférteis e/ou mortos e índice de colheita foram determinadas após colheita das

plantas na área demarcada. A porcentagem de colmos férteis foi obtida a partir da contagem de panículas colhidas em relação ao número total de colmos determinado na DPP. A porcentagem de colmos inférteis e/ou mortos foi obtida pela diferença entre o número de colmos férteis e o número total de colmos na DPP. O número de grãos formados por planta foi determinado através da divisão do número total de grãos formados pelo número de plantas na área demarcada. O índice de colheita foi calculado dividindo-se o peso de grãos (a 13% de umidade) pelo somatório do peso de grãos e massa seca da parte aérea das plantas na área demarcada, sendo esse componente seco em estufa a $\pm 65^{\circ}\text{C}$ até atingir peso constante.

TABELA 1.2 – Épocas de avaliação das variáveis em duas cultivares de arroz irrigado durante duas estações de crescimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS

Variáveis	BR-IRGA 410 (DAE ⁽¹⁾)		IRGA 417 (DAE)		Estádio ⁽²⁾
	1998/99	1999/00	1998/99	1999/00	
População inicial de plantas	7	6	7	6	2
Afilhos planta ⁻¹	60	58	54	51	3 a 4
Rendimento massa seca – DPP ⁽³⁾	62	59	55	53	3 a 4
Rendimento massa seca – florescimento	---	82	---	75	6
Colmos férteis ⁽⁴⁾	126	122	122	117	9
Colmos inférteis ⁽⁴⁾	126	122	122	117	9
Panículas planta ⁻¹⁽⁴⁾	126	122	122	117	9
Grãos planta ⁻¹⁽⁴⁾	126	122	122	117	9
Índice de colheita ⁽⁴⁾	126	122	122	117	9

⁽¹⁾ dias após a emergência das plântulas;

⁽²⁾ estágio de crescimento segundo escala do IRR (1996);

⁽³⁾ diferenciação do primórdio da panícula;

⁽⁴⁾ variáveis avaliadas a partir de amostra colhida em área pré-demarcada.

Em razão da alta concentração de N total (nitrogênio nas formas de amônia e nitrato) encontrado na água utilizada para irrigação do experimento (Apêndice 7), na primeira estação de crescimento, foi eliminado o bloco que se

encontrava mais próximo à entrada d'água, devido aos possíveis efeitos diferenciais sobre o crescimento da planta em relação aos demais blocos. Para minimizar este efeito da qualidade da água no segundo ano, fez-se com que a entrada de água ocorresse primeiramente em um quadro com vegetação espontânea, para depois passar para a área experimental, propriamente. Apesar disso, ainda foi detectada influência de N presente na água de irrigação em algumas das parcelas que se encontravam mais próximo da entrada de água nesta estação de crescimento.

A análise estatística dos dados do experimento foi baseada em modelo apresentado por Riboldi (1995a, b). As variáveis avaliadas foram analisadas através do teste F e os fatores quantitativos foram submetidos à análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático. As análises foram realizadas através do Sistema de Análise Estatística para microcomputadores (SANEST). Os coeficientes "b" das equações de regressão linear foram comparados através do teste t (Gomez & Gomez, 1984). Para proceder análise da variável população inicial de plantas foi desconsiderado o fator nível de nitrogênio, uma vez que a adubação nitrogenada foi aplicada em época posterior a essa avaliação.

1.4. RESULTADOS

Os resultados relativos às variáveis avaliadas estão descritos na seqüência a seguir.

1.4.1. População inicial de plantas

Para esta variável, houve efeitos simples de densidade de semeadura e de cultivar, nas duas estações de crescimento (Apêndices 3 e 5). O número de plantas por área aumentou linearmente com incremento da densidade de semeadura (Figuras 1.1 e 1.2). Nos 2 anos, a cultivar BR-IRGA 410 apresentou maior população inicial média de plantas do que a IRGA 417, 308 e 330 plantas m^{-2} e 272 e 303 plantas m^{-2} , respectivamente nas estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000.

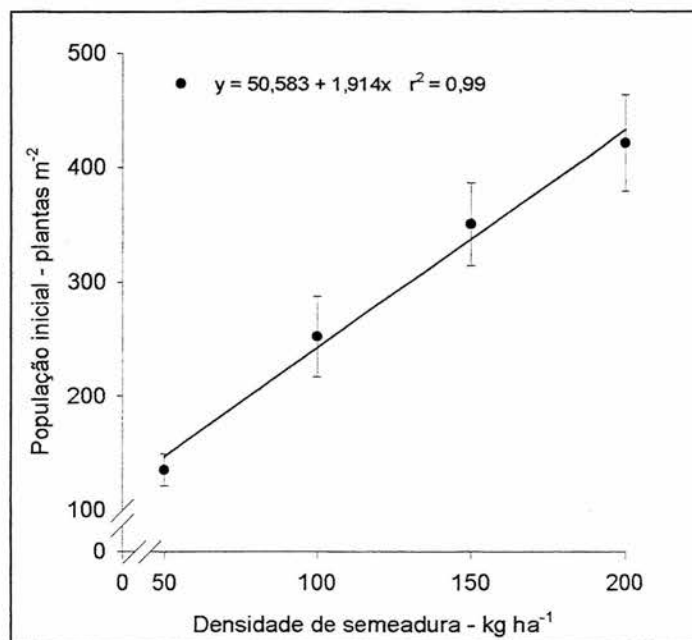


FIGURA 1.1. População inicial de plantas de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. Barras verticais representam o erro padrão.

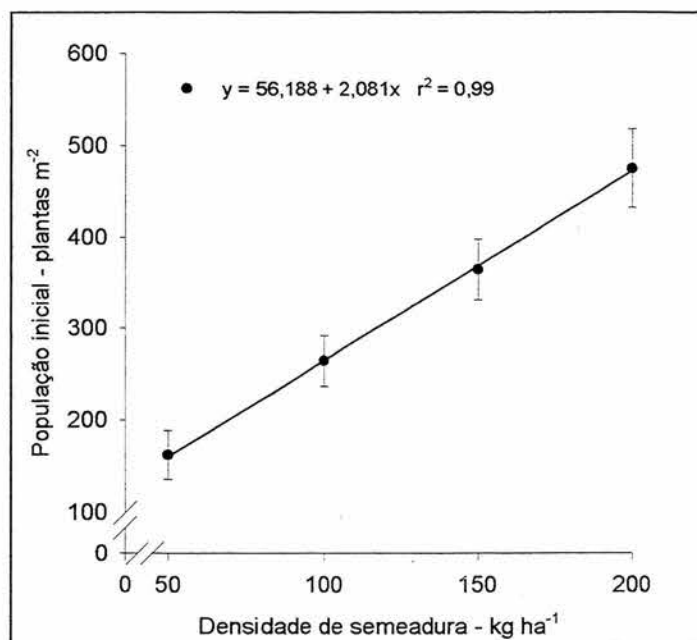


FIGURA 1.2. População inicial de plantas de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. Barras verticais representam o erro padrão.

1.4. Número de filhos por planta

Na primeira estação de crescimento, foram significativos os efeitos simples de densidade de semeadura, nível de nitrogênio e cultivar (Apêndice 4). Com incremento da densidade de semeadura, o número de filhos por planta reduziu-se de forma quadrática (Figura 1.3). Por outro lado, o número de filhos por planta aumentou linearmente com incremento do nível de nitrogênio aplicado (Figura 1.4). Na cultivar IRGA 417, o número médio de filhos por planta (1,8) foi superior ao verificado na BR-IRGA 410 (1,4).

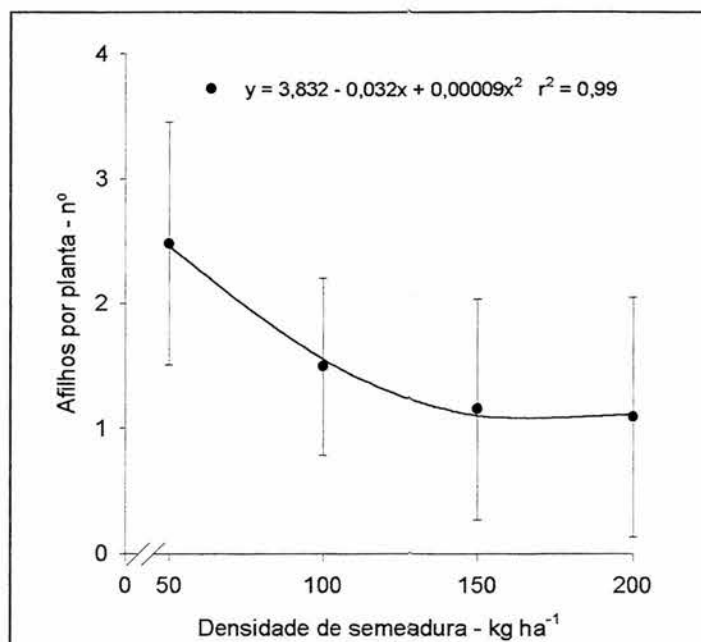


FIGURA 1.3. Número de afilhos por planta de arroz irrigado, avaliado entre os estádios 3 e 4 (IRRI, 1996), em função de densidade de sementeira, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. Barras verticais representam o erro padrão.

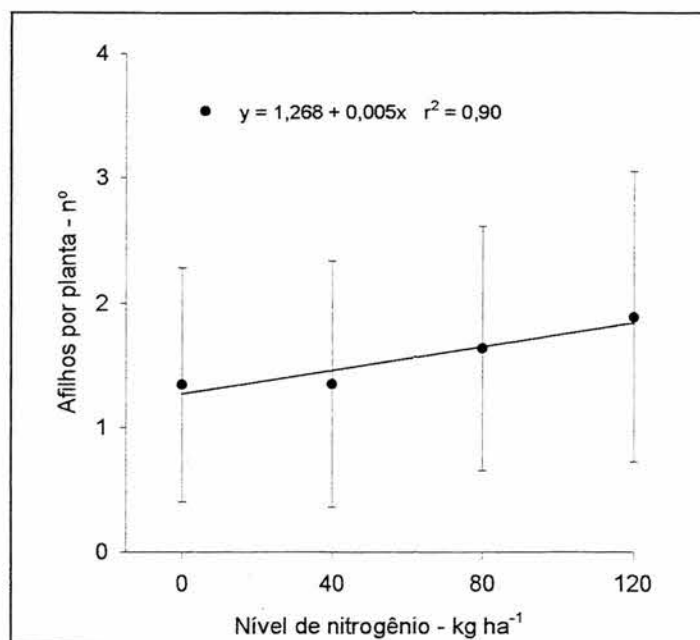


FIGURA 1.4. Número de afilhos por planta de arroz irrigado, avaliado entre os estádios 3 e 4 (IRRI, 1996), em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de sementeira, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. Barras verticais representam o erro padrão.

Na estação de crescimento de 1999/2000, houve interação tríplice de densidade de sementeira, nível de nitrogênio e cultivar para o número de afilhos por planta (Apêndice 6). Com incremento da densidade de sementeira, essa variável diminuiu linearmente em resposta aos níveis de nitrogênio na cultivar BR-IRGA 410 (Figura 1.5 a). Já na cultivar IRGA 417, ocorreu redução linear para os níveis de nitrogênio 0 e 80 kg ha⁻¹ e quadrática para os níveis 40 e 120 kg ha⁻¹ (Figura 1.5 b). A resposta do número de afilhos por planta à aducação nitrogenada foi observada apenas na cultivar IRGA 417 e na densidade de sementeira mais baixa, em que houve aumento linear desta característica com incremento do nível de nitrogênio (Figura 1.6).

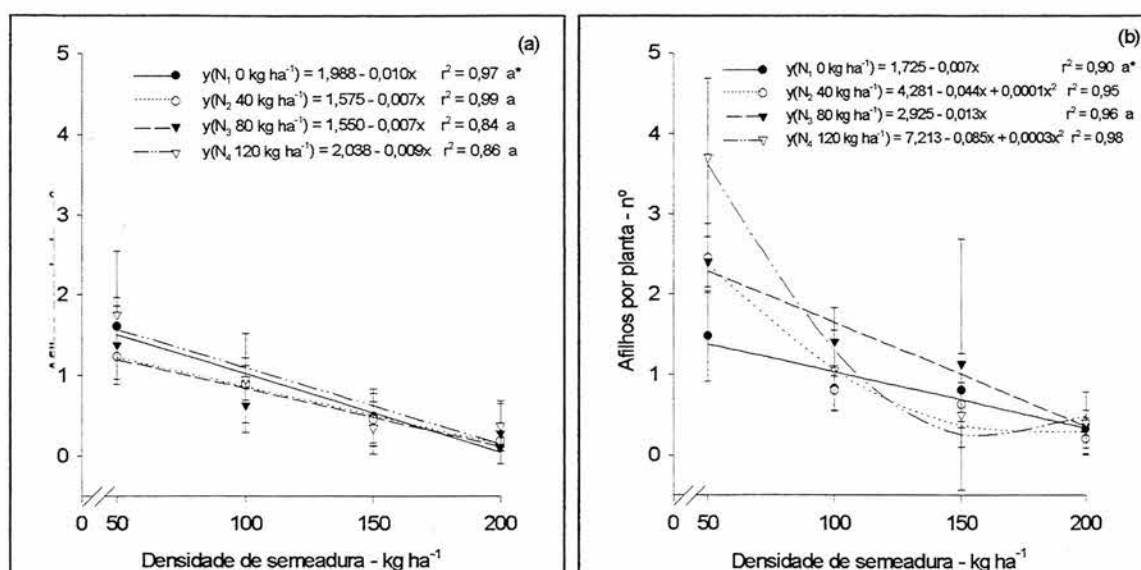


FIGURA 1.5. Número de afilhos por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b), avaliado entre os estádios 3 e 4 (IRRI, 1996), em função de densidade de sementeira, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. Barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade.

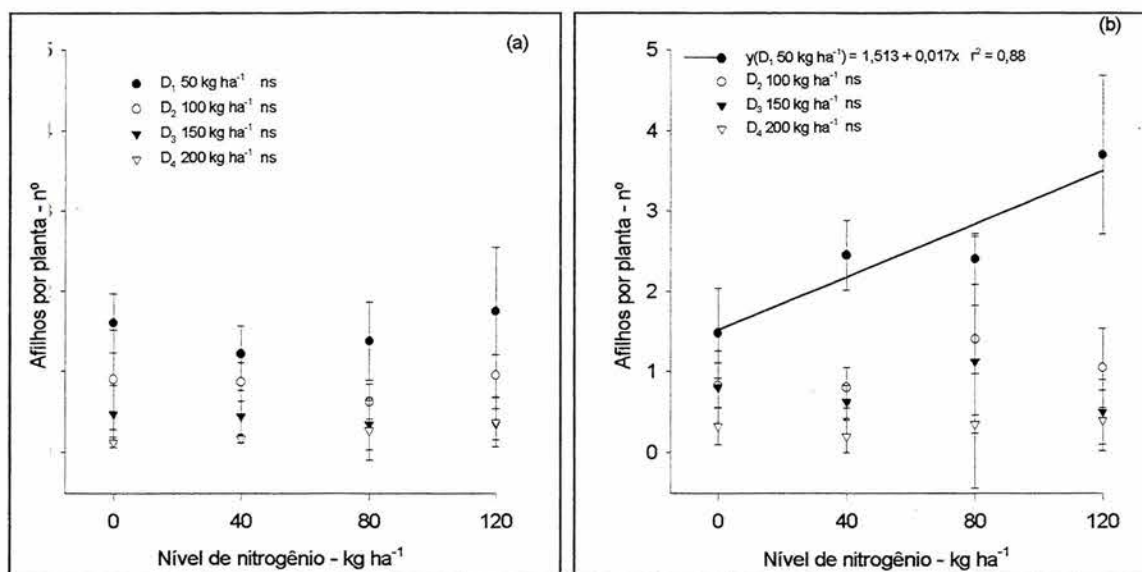


FIGURA 1.6. Número de afilhos por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b), avaliado entre os estádios 3 e 4 (IRRI, 1996), em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. Barras verticais representam o erro padrão.

1.4. Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas

1.4.3.1. Estádio de diferenciação do primórdio da panícula (DPP)

Para rendimento de massa seca da parte aérea das plantas na DPP, houve interação tríplice de densidade de semeadura, nível de nitrogênio e cultivar na estação de crescimento de 1998/99 (Apêndice 4). Com incremento da ensidade de semeadura, houve aumento linear do rendimento de massa seca da cultivar BR-IRGA 410 para os níveis de nitrogênio de 0 e 80 kg ha⁻¹; enquanto na IRGA 417 ocorreu aumento quadrático no nível de 40 kg ha⁻¹, não havendo regressões significativas para os demais níveis de nitrogênio (Figura 1.7)

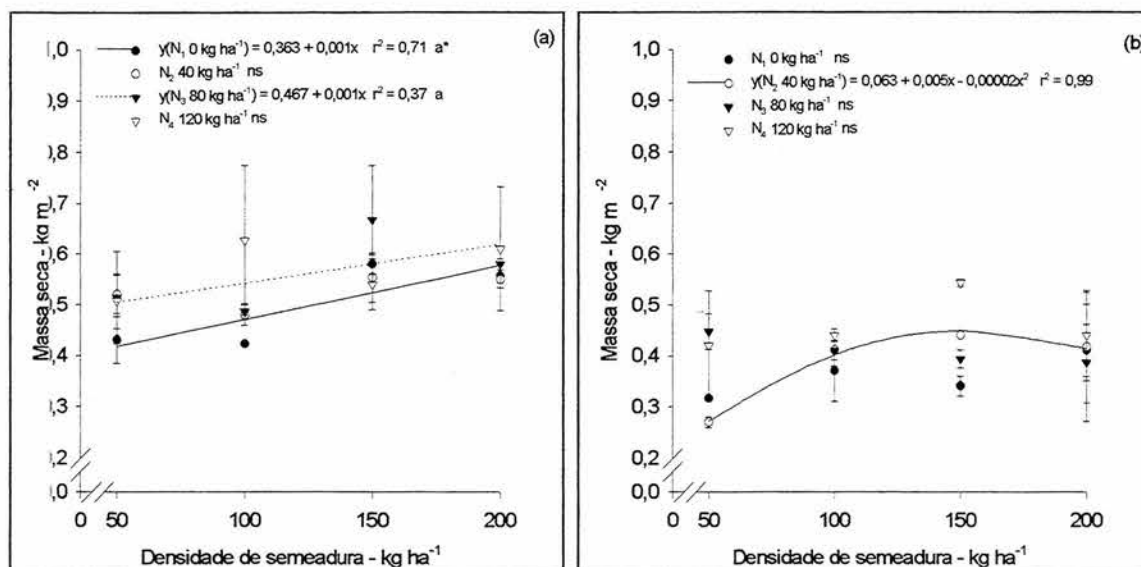


FIGURA 1.7. Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de sementeira, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. Barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade.

O rendimento de massa seca na cultivar BR-IRGA 410 aumentou linearmente com incremento do nível de nitrogênio na densidade de sementeira de 30 kg ha⁻¹ e nas densidades de sementeira de 50 e 150 kg ha⁻¹ na IRGA 417. Para as demais densidades de sementeira não houve regressões significativas (Figura 1.8).

Na segunda estação de crescimento, houve interação simples de densidade de sementeira e cultivar (Apêndice 6). O rendimento de massa seca aumentou de forma quadrática na cultivar BR-IRGA 410 e, de forma linear na IRGA 417, com incremento da densidade de sementeira (Figura 1.9).

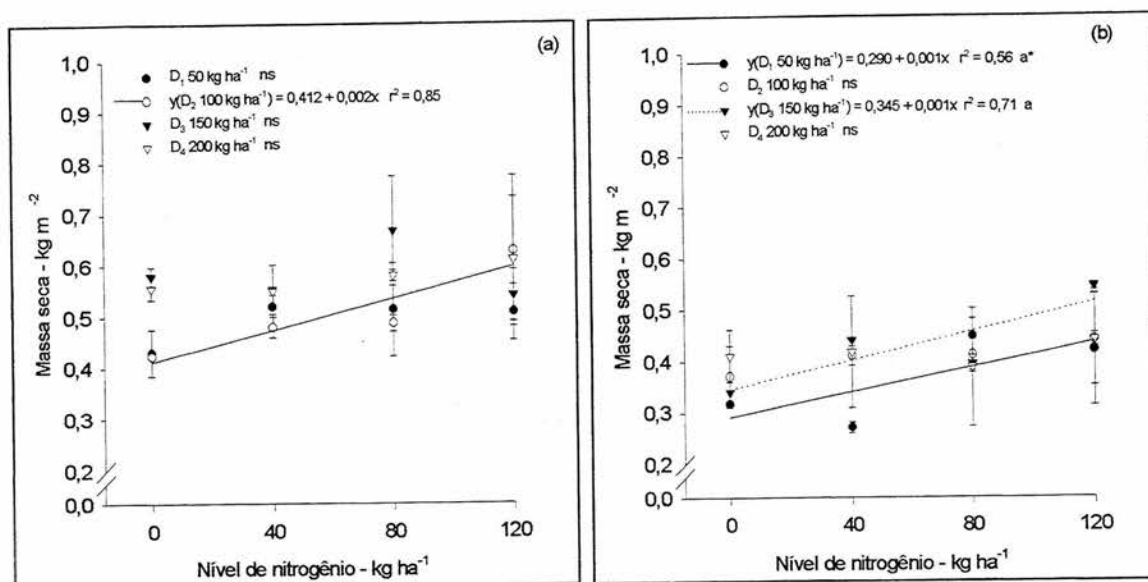


FIGURA 1.8. Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) na diferenciação do primórdio da panícula em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. Barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade.

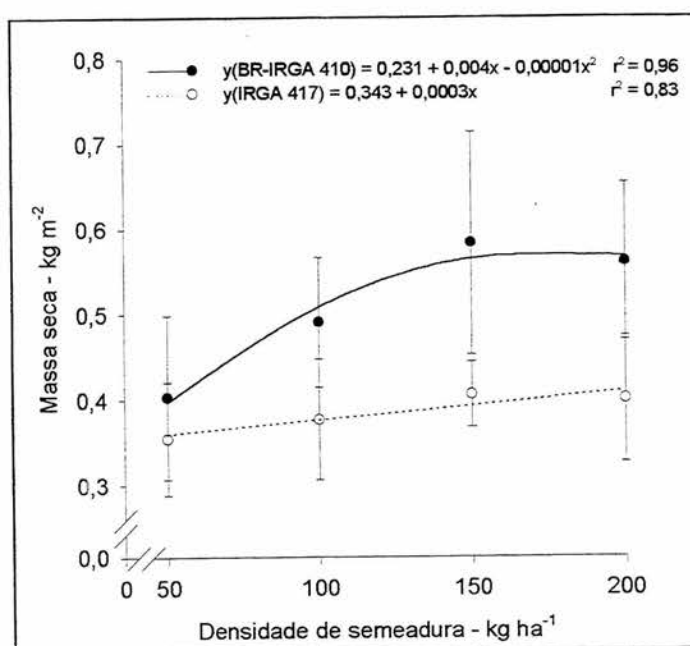


FIGURA 1.9. Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas de duas cultivares de arroz irrigado na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de semeadura, na média de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. Barras verticais representam o erro padrão.

1.4.3.2. Estádio de florescimento

O rendimento de massa seca da parte aérea da planta no florescimento só foi avaliado na estação de crescimento de 1999/2000. Houve interação simples de nível de nitrogênio e cultivar (Apêndice 6). Houve regressão significativa somente para a cultivar BR-IRGA 410, que aumentou linearmente o rendimento de massa seca com incremento do nível de nitrogênio aplicado (Figura 1.10).

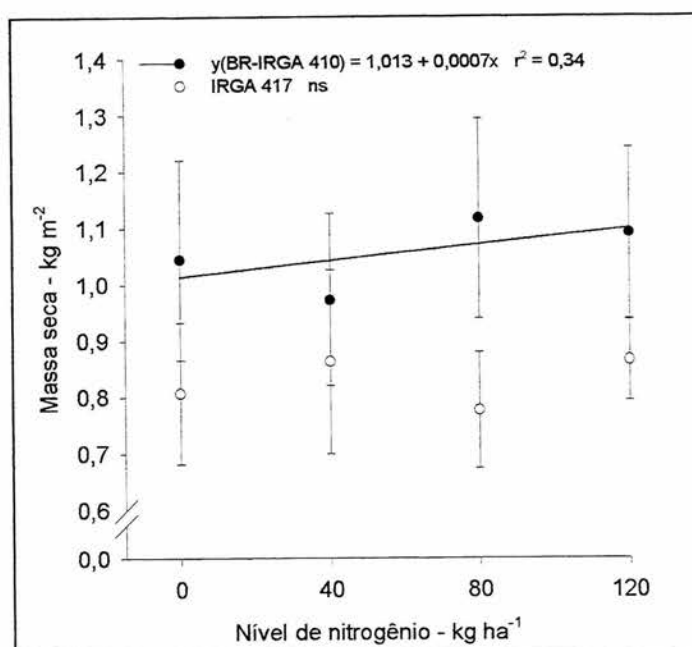


FIGURA 1.10. Rendimento de massa seca da parte aérea das plantas de duas cultivares de arroz irrigado no florescimento em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. As barras verticais representam o erro padrão.

1.4.4. Porcentagem de colmos férteis

Para esta variável, houve efeito simples de nível de nitrogênio e de cultivar na estação de crescimento de 1998/99 (Apêndice 4). Essa característica reduziu-se linearmente com incremento do nível de nitrogênio

aplicado (Figura 1.11). Na cultivar BR-IRGA 410 a porcentagem de colmos férteis (86 %) foi maior que a verificada na IRGA 417 (82 %).

Na segunda estação de crescimento, houve apenas efeito simples de cultivar (Apêndice 6). De modo inverso ao resultado obtido no primeiro ano, a cultivar IRGA 417 apresentou maior porcentagem de colmos férteis (95 %), em relação à BR-IRGA 410 (90 %).

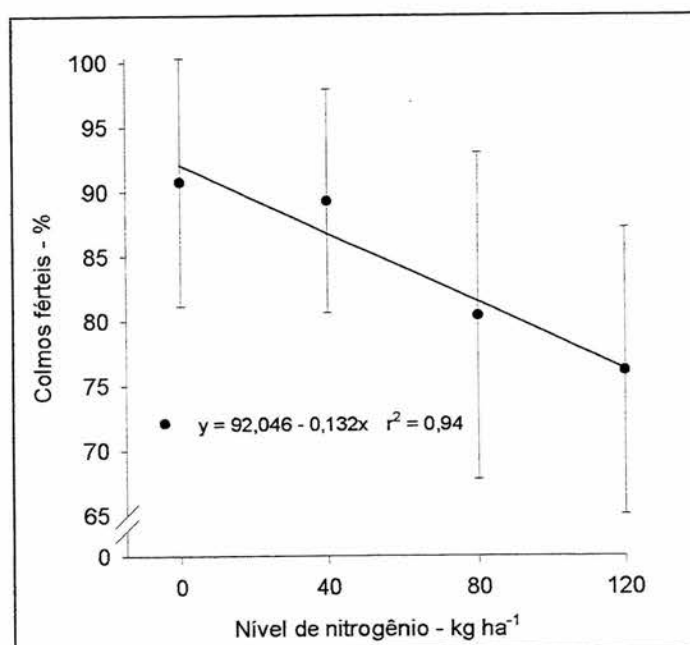


FIGURA 1.11. Porcentagem de colmos férteis de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. Barras verticais representam o erro padrão.

1.4.5. Porcentagem de colmos inférteis e/ou mortos

Na estação de crescimento de 1998/99, foram significativos os efeitos simples de nível de nitrogênio e cultivar (Apêndice 4). Com incremento do nível de nitrogênio, a porcentagem de colmos inférteis aumentou linearmente (Figura 1.12). A cultivar IRGA 417 apresentou maior porcentagem de colmos inférteis (18 %), em relação à BR-IRGA 410 (14 %).

Na estação de crescimento seguinte, houve apenas efeito simples de cultivar (Apêndice 6). A cultivar BR-IRGA 410 apresentou maior porcentagem de colmos inférteis em relação à IRGA 417, respectivamente 10 e 5 %.

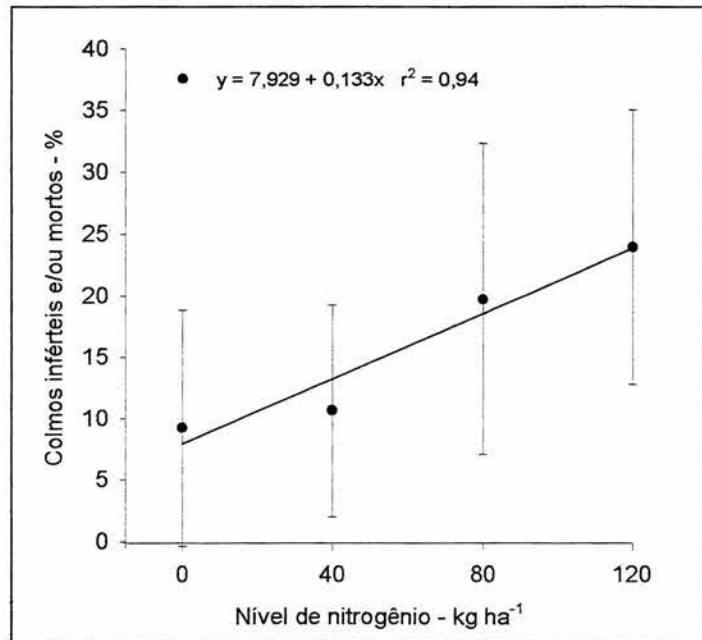


FIGURA 1.12. Porcentagem de colmos inférteis e/ou mortos de plantas de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. Barras verticais representam o erro padrão.

1.4.6. Número de panículas por planta

Para esta variável, houve interação tríplice de densidade de semeadura, nível de nitrogênio e cultivar, na estação de crescimento de 1998/99 (Apêndice 4). Com incremento da densidade de semeadura, ocorreu redução no número de panículas por planta, de forma quadrática no tratamento sem nitrogênio e de modo linear nos demais níveis, para a cultivar BR-IRGA 410 (Figura 1.13 a). Para a IRGA 417, ocorreu redução de forma linear no tratamento sem nitrogênio e de modo quadrático nos demais níveis de nitrogênio (Figura 1.13 b).

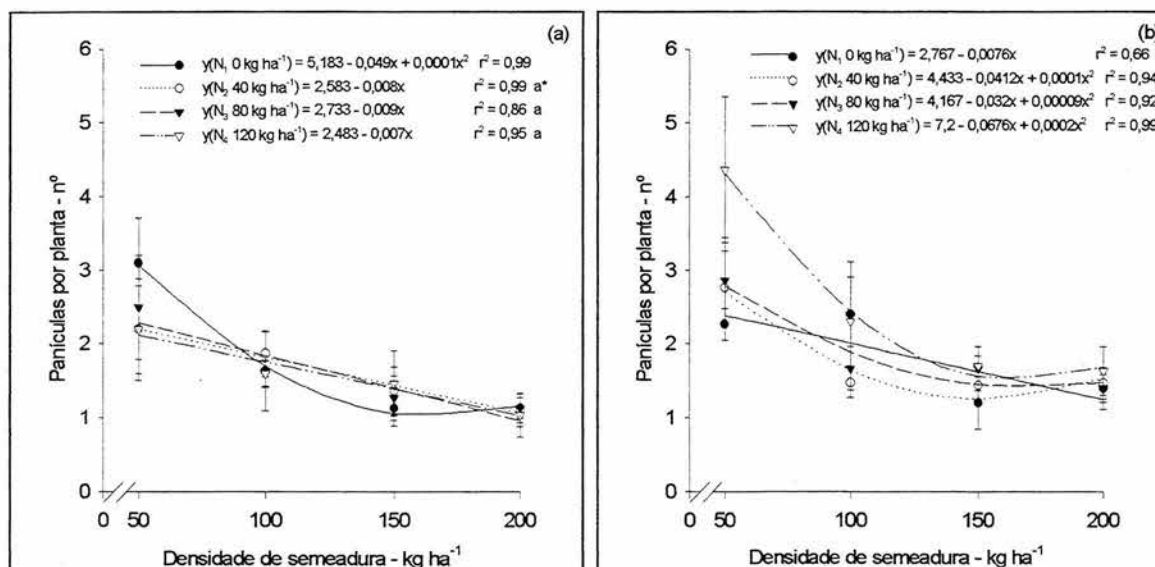


FIGURA 1.13. Número de panículas por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de densidade de sementeira, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. Barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Para a cultivar BR-IRGA 410, o número de panículas por planta reduziu-se linearmente, na menor densidade de sementeira, à medida que aumentou o nível de nitrogênio aplicado (Figura 1.14 a). Na IRGA 417, nas densidades de 50 e de 100 kg ha⁻¹, o número de panículas por planta aumentou de forma quadrática com incremento do nível de nitrogênio aplicado (Figura 1.14 b).

Na estação de crescimento de 1999/2000, houve interação simples de densidade de sementeira e cultivar para esta característica (Apêndice 6). O número de panículas por planta da cultivar BR-IRGA 410 reduziu-se linearmente, enquanto o da IRGA 417 diminuiu de forma quadrática com incremento da densidade de sementeira (Figura 1.15).

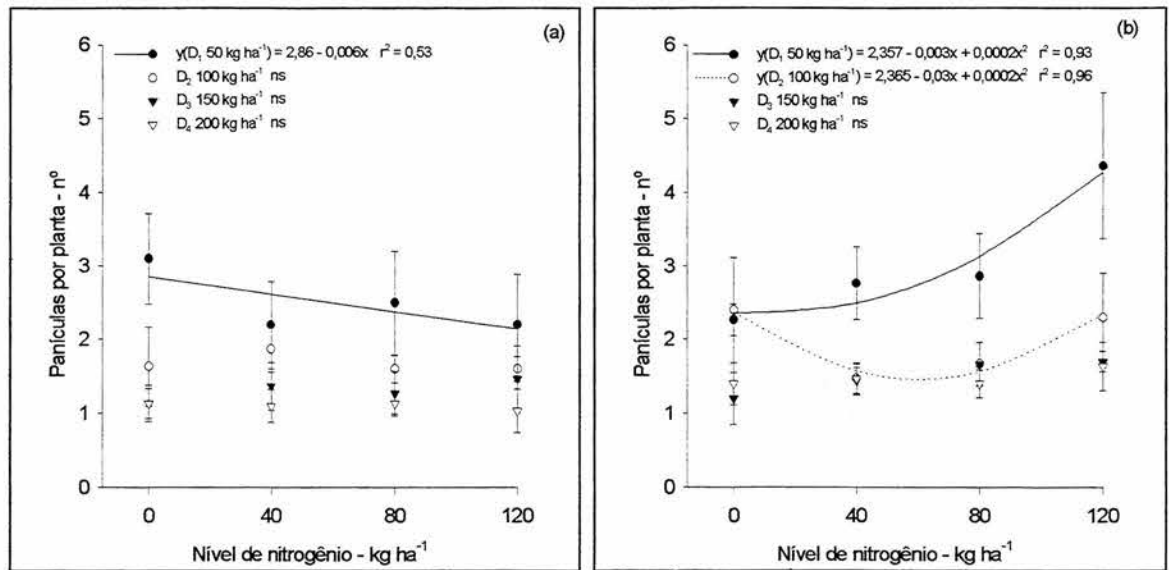


FIGURA 1.14. Número de panículas por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão.

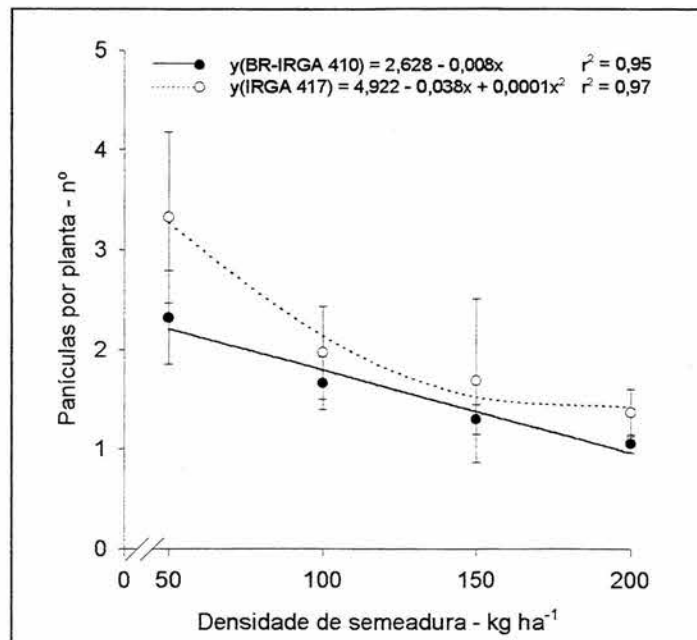


FIGURA 1.15. Número de panículas por planta de duas cultivares de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. Barras verticais representam o erro padrão.

1.4.7. Número de grãos formados por planta

Nas duas estações de crescimento, houve interação tríplice de densidade de semeadura, nível de nitrogênio e cultivar para esta variável (Apêndices 4 e 6). O número de grãos formados por planta diminuiu com incremento da densidade de semeadura, em todos os níveis de nitrogênio aplicado, em ambas estações de crescimento. Em 1998/99, para a cultivar BR-IRGA 410 houve redução de forma quadrática para os níveis de nitrogênio de 0 e 80 kg ha⁻¹ e, de forma linear, para os níveis de 40 e 120 kg ha⁻¹ (Figura 1.16 a). Para a cultivar IRGA 417, houve redução linear no menor nível de nitrogênio e quadrática nos demais níveis (Figura 1.16 b).

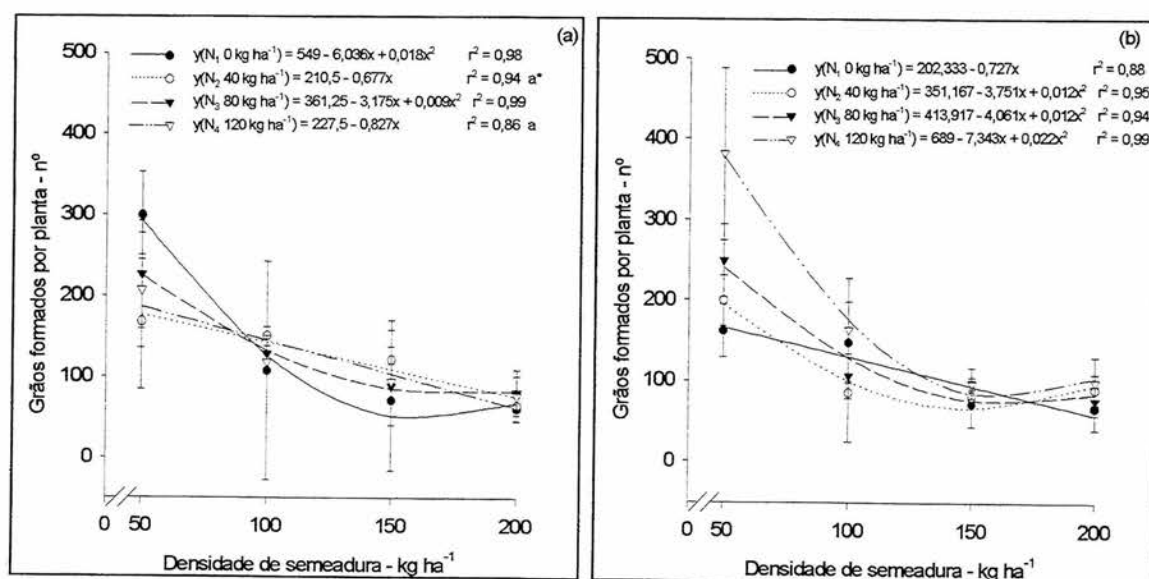


FIGURA 1.16. Número de grãos formados por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Na segunda estação de crescimento, o número de grãos formados por planta da cultivar BR-IRGA 410 reduziu-se linearmente com incremento da

densidade de semeadura em todos os níveis de nitrogênio (Figura 1.17 a). Para a cultivar IRGA 417, a variável diminuiu linearmente nos níveis de 0 e 80 kg ha⁻¹ e de forma quadrática nos níveis de 40 e 120 kg ha⁻¹ (Figura 1.17 b).

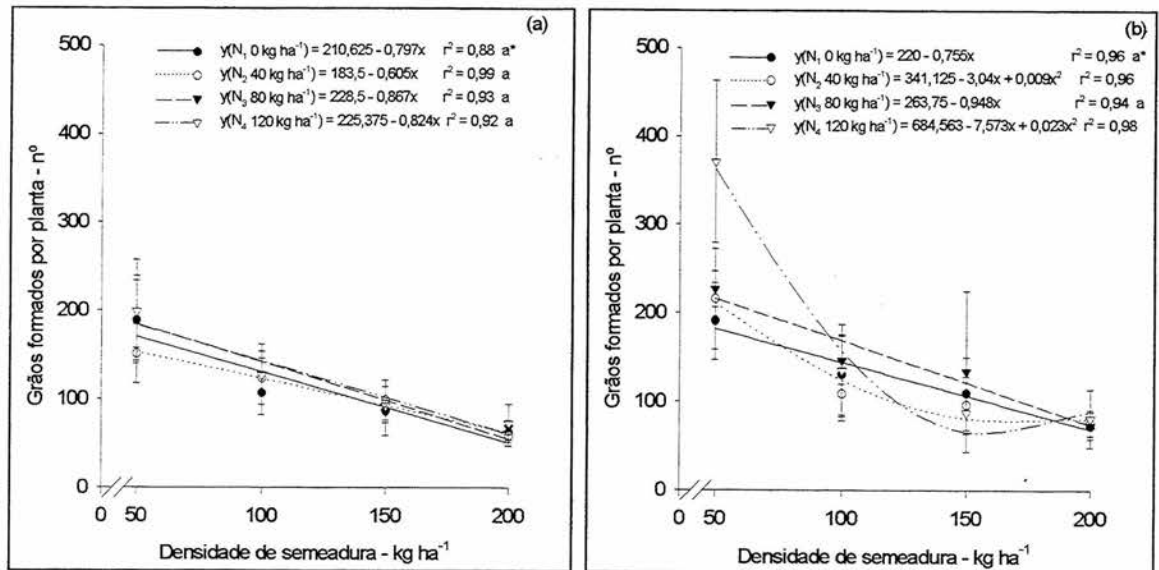


FIGURA 1.17. Número de grãos formados por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. Barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Na estação de crescimento de 1998/99, o número de grãos formados por planta da cultivar BR-IRGA 410 diminuiu de forma quadrática, mas somente na menor densidade de semeadura (Figura 1.18 a). Na IRGA 417, a variável aumentou de forma quadrática nas densidades de 50 e 100 kg ha⁻¹ com incremento do nível de nitrogênio aplicado (Figura 1.18 b). Nas demais densidades de semeadura não ocorreram regressões significativas. Na estação de crescimento seguinte, houve regressão significativa apenas para a cultivar IRGA 417 e na menor densidade de semeadura, condição em que o número de grãos formados por planta aumentou de forma quadrática com incremento do nível de nitrogênio (Figura 1.19).

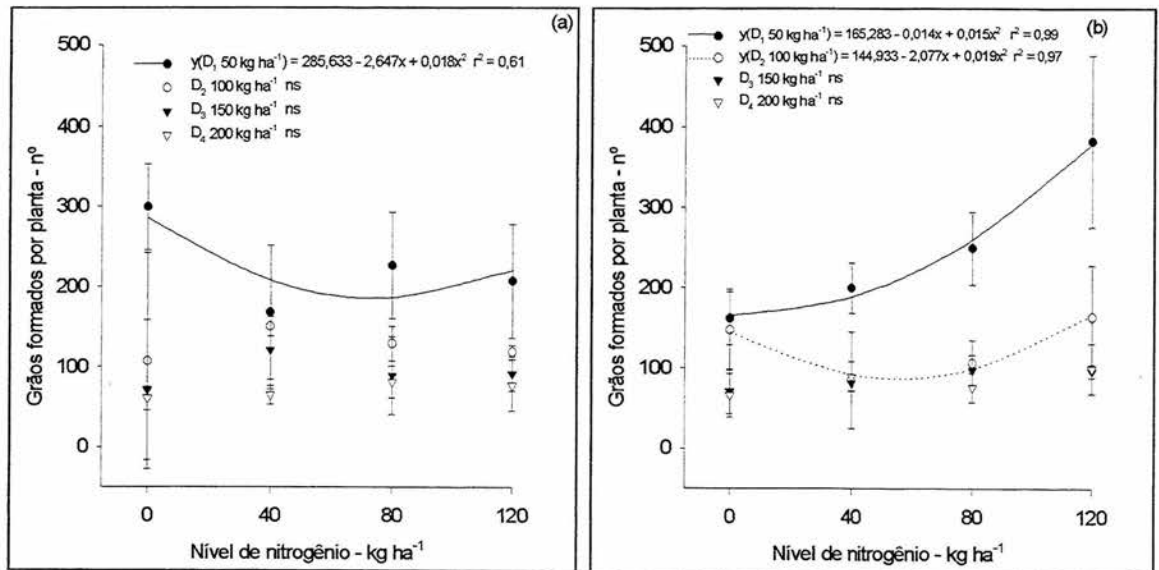


FIGURA 1.18. Número de grãos formados por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. Barras verticais representam o erro padrão.

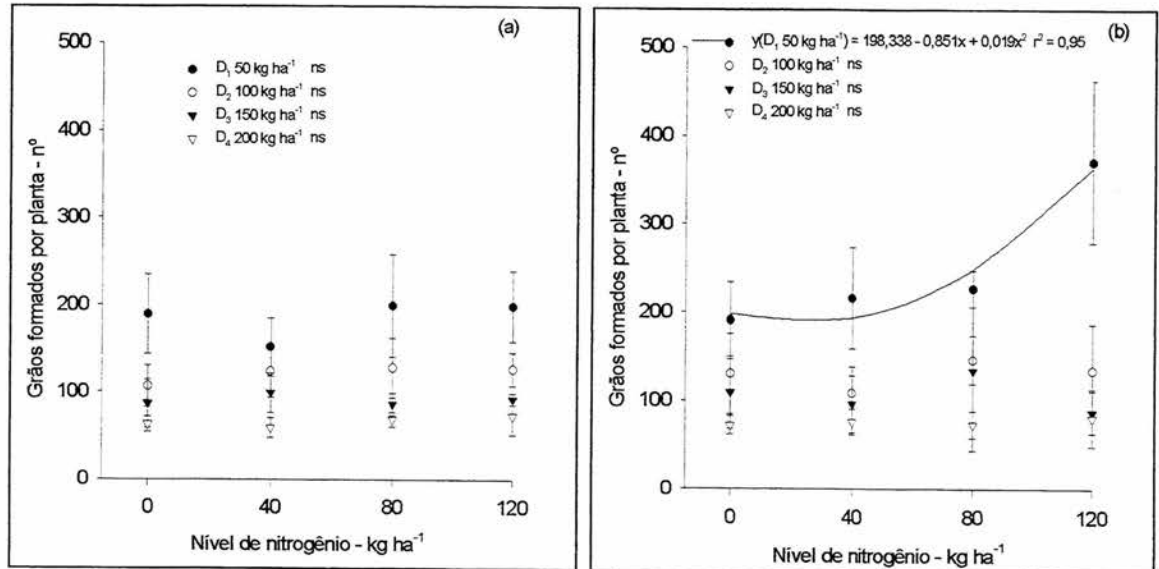


FIGURA 1.19. Número de grãos formados por planta das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. Barras verticais representam o erro padrão.

1.4.8. Índice de colheita

Para esta variável, avaliada somente na estação de crescimento de 1999/2000, não houve diferença significativa entre tratamentos através do teste F (Apêndice 6). No entanto, houve regressão significativa para níveis de densidade de semeadura, em que o índice de colheita reduziu-se linearmente com incremento da densidade de semeadura (Figura 1.20.).

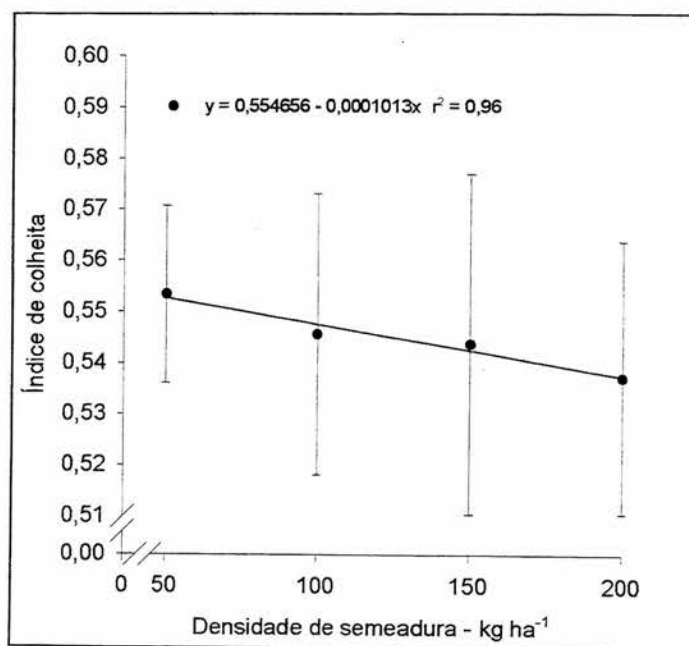


FIGURA 1.20. Índice de colheita em arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. Barras verticais representam o erro padrão.

1.5. DISCUSSÃO

A população inicial de plantas das duas cultivares de arroz aumentou com incremento da densidade de semeadura, nas duas estações de crescimento (Figuras 1.1 e 1.2). Este resultado era esperado e está de acordo com o que foi observado em diversos trabalhos de pesquisa sobre densidade

de semeadura em arroz (Miller et al., 1991; Gravois & Helms, 1992, 1996; Rieffel Neto et al., 2000).

Houve diferenças entre cultivares quanto à densidade inicial de plantas. Nos 2 anos, a cultivar BR-IRGA 410 apresentou população inicial de plantas 8 a 12 % maior em média do que a IRGA 417, devido a razões não definidas, já que foram semeadas quantidades iguais de sementes por área de ambas cultivares nas diferentes densidades de semeadura. Isto explica, em parte, o fato da cultivar IRGA 417 ter apresentado maior número de afilhos por planta do que a BR-IRGA 410.

O incremento do número de plantas por unidade de área aumentou a competição intra-específica nas duas cultivares. Isto pode ser visualizado pelas reduções verificadas nos números de afilhos por planta (Figuras 1.3 e 1.5), de panículas por planta (Figuras 1.13 e 1.15) e de grãos formados por planta (Figuras 1.16 e 1.17), com incremento da densidade de semeadura. Comunidades de arroz com menor população de indivíduos apresentam plantas com maior número de afilhos (Schiocchet & Noldin, 1993; Wu et al., 1998), panículas maiores no colmo principal e maior número de grãos formados (Wu et al., 1998). Por outro lado, os afilhos mais tardios, produzidos sob baixas populações de plantas, formam panículas menores e com menor número de espiguetas, apresentando menor habilidade competitiva em relação aos produzidos mais cedo (Wu et al., 1998). Entretanto, no presente trabalho, a porcentagem de colmos inférteis e/ou mortos não chegou a ser afetada pela densidade de semeadura.

A variação no número de afilhos por planta, em função da densidade de semeadura, deve-se à plasticidade apresentada pela planta de arroz. De

acordo com Souza et al. (1993), a plasticidade está associada ao maior número de panículas por área sob populações de plantas mais elevadas e a maior produção de grãos por panícula com populações menores. A plasticidade morfológica, que representa a capacidade das plantas adaptarem-se a diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas, é influenciada pela espécie e pelo genótipo (Donald, 1963; Pereira, 1989; Loomis & Connor, 1992). Neste sentido, a capacidade de afilhamento é o fator mais expressivo que confere plasticidade ao arroz, uma vez que capacita as plantas a ocuparem rapidamente o espaço disponível (Pereira, 1989).

Devido à redução do número de afilhos por planta, o número de panículas por planta e o número de grãos formados por planta de ambas cultivares também diminuíram com incremento da densidade de semeadura (Figuras 1.13, 1.15, 1.16 e 1.17). Para essas variáveis, observou-se diferença entre as cultivares testadas. Assim como ocorreu com o número de afilhos por planta observado no segundo ano (Figura 1.5 b), a redução mais intensa ocorreu na cultivar IRGA 417 sob o nível mais alto de nitrogênio com aumento da densidade de semeadura de 50 para 100 kg ha⁻¹ (Figura 1.13 b). Comportamento similar para a mesma cultivar ocorreu para número de grãos formados por planta, nas duas estações de crescimento (Figuras 1.16 b e 1.17 b). Isto pode estar relacionado, em parte, a menor população inicial de plantas apresentada pela cultivar IRGA 417. Schiocchet & Noldin (1993) também obtiveram redução do número de panículas por planta com incremento da densidade de semeadura, em sistema de cultivo de arroz pré-germinado.

No estágio de diferenciação do primórdio da panícula, o rendimento de massa seca da parte aérea das plantas das duas cultivares praticamente

manteve-se inalterado com incremento da densidade de semeadura, no primeiro ano (Figura 1.7). Somente nos níveis de nitrogênio de 0 e 80 kg ha⁻¹ para a cultivar BR-IRGA 410 (Figura 1.7 a), e no de 40 kg ha⁻¹ para a IRGA 417 (Figuras 1.7 b), é que o rendimento de massa seca aumentou com incremento da densidade de semeadura. No segundo ano, as duas cultivares aumentaram o rendimento de massa seca com incremento da densidade de semeadura, especialmente a BR-IRGA 410 (Figura 1.9). Embora haja incremento da fitomassa por unidade de área com aumento da população de plantas, a massa seca de colmos e folhas por planta diminui devido à competição (Rieffel Neto, 1999).

Além da competição entre plantas, a competição intra-planta também aumentou com incremento do número de plantas por unidade de área. Isto pode ser evidenciado pela redução do índice de colheita que ocorreu com incremento da densidade de semeadura (Figura 1.20). Com aumento da densidade, houve menor produção de grãos, em relação ao rendimento biológico da planta.

A competição intra-específica foi afetada pelo nível de nitrogênio aplicado. Já, a competição intra-planta, expressa pelo índice de colheita, não foi afetada pela adubação nitrogenada. O incremento do nível de nitrogênio aplicado aumentou o número de afilhos por planta somente no primeiro ano (Figura 1.4). Fagade & De Datta (1970) também obtiveram aumento do número de afilhos por planta com incremento da adubação nitrogenada. O aumento do afilhamento com incremento do nível de nitrogênio aplicado, aumenta, conseqüentemente, o número de colmos por unidade de área (Reddy et al., 1986).

A diminuição da porcentagem de colmos férteis (Figura 1.11) e o conseqüente aumento da porcentagem de colmos inférteis e/ou mortos (Figura 1.12), obtidos com incremento do nível de nitrogênio aplicado na estação de crescimento de 1998/99, deveu-se, principalmente, ao aumento do número de afilhos por planta (Figura 1.4). O aumento do número de afilhos por planta pode ter intensificado as competições intra-específica e intra-planta por fotoassimilados, como foi preconizado por Jennings & Jesus (1968) apud Pereira (1989) e por Fujita & Yoshida (1984). Com incremento do número de colmos por unidade de área, aumenta a alocação de massa seca no colmo principal e a diminui nos afilhos, tornando-os, portanto, mais suscetíveis à infertilidade ou à morte (Wu et al., 1998).

O número de afilhos por planta tende a estabilizar-se até o estágio de florescimento (Santos & Costa, 1995), atingindo o número máximo ao redor da diferenciação do primórdio da panícula (Hanada, 1993). No presente trabalho, o afilhamento foi avaliado somente neste estágio, não tendo sido acompanhada sua evolução em estádios posteriores. Entretanto, a redução do número de afilhos por planta até o florescimento, que se verifica principalmente em populações mais baixas, deve-se à competição entre os mesmos por luz e nutrientes, o que torna afilhos emitidos mais tarde inférteis ou causa sua morte antes de completarem o ciclo (Ishizuka & Tanaka, 1963 apud Santos & Costa, 1995).

O rendimento de massa seca da parte aérea das plantas praticamente não variou em função da adubação nitrogenada no primeiro ano, quando avaliado no estágio de diferenciação do primórdio da panícula, em ambas as cultivares (Figura 1.8), a exemplo da resposta obtida para esta característica

em função da densidade de semeadura (Figura 1.7). Entretanto, constatou-se aumento do rendimento de massa seca com incremento da adubação nitrogenada em algumas situações, como na densidade de semeadura de 100 kg ha⁻¹ para a cultivar BR-IRGA 410 (Figura 1.8 a) e nas de 50 e 150 kg ha⁻¹ para a IRGA 417 (Figura 1.8 b).

No segundo ano e na avaliação realizada no estágio de florescimento, o incremento do nível de nitrogênio aplicado aumentou o rendimento de massa seca da parte aérea das plantas somente na cultivar BR-IRGA 410, enquanto a IRGA 417 não respondeu à adubação nitrogenada (Figura 1.10). Wells & Faw (1978) também obtiveram aumento do rendimento de massa seca no florescimento com incremento do nível de nitrogênio aplicado, utilizando a cultivar Starbonnet.

Observou-se que na primeira estação de crescimento houve mais variáveis que responderam à aplicação de nitrogênio em cobertura, em relação à estação de crescimento seguinte. Em arroz, a resposta à adubação nitrogenada varia em função de condições do ano. Dentre os diferentes fatores que influenciam na resposta à adubação nitrogenada, um dos mais importantes é a radiação solar, em que nos anos com maior disponibilidade da mesma, as respostas ao nitrogênio são maiores (Barbosa Filho, 1987). Neste sentido, a maior resposta observada no primeiro ano pode estar associada a maior disponibilidade de radiação solar ocorrida nesta estação de crescimento durante o período crítico da cultura (Apêndices 1 e 2). Este período corresponde ao intervalo entre 20 dias antes e 20 após o florescimento, quando condições de plena radiação solar favorecem a planta a utilizar mais eficientemente o nitrogênio (EMBRAPA, 1999b).

De modo geral, o maior crescimento vegetativo, expresso pelo maior rendimento de massa seca que foi observado na cultivar BR-IRGA 410, em relação à IRGA 417, com incrementos da densidade de semeadura (Figuras 1.7 e 1.9) e do nível de nitrogênio aplicado (Figuras 1.8 e 1.10), indica que a cultivar BR-IRGA 410 apresenta maior habilidade competitiva dentro da comunidade de plantas de arroz. Indivíduos com maior fitomassa exploram melhor o ambiente (Sedgley, 1991 apud Almeida et al., 1998) e podem originar grande área fotossintética para produção de carboidratos, como também grãos mais pesados (Boukerrou & Rasmusson, 1990).

Por outro lado, em plantas mais competitivas pode ocorrer maior investimento na produção de colmos e folhas, em detrimento da produção de grãos (Jennings & Jesus, 1968 citado por Pereira, 1989), levando à redução do índice de colheita. No entanto, isto não significa que cultivares que produzam mais fitomassa apresentem menor produção por área do que aquelas que investem mais na produção de grãos, quando se considerar a comunidade e não apenas o indivíduo.

1.6. CONCLUSÕES

A redução dos números de afilhos, de panículas e de grãos formados por planta em decorrência do incremento da população de plantas, evidencia aumento da competição intra-específica e a plasticidade de resposta da planta de arroz à variação desse fator.

Com incremento da adubação nitrogenada, aumenta o afilhamento, levando a maior competição entre as plantas.

As plantas da cultivar BR-IRGA 410 apresentam maior habilidade competitiva dentro de uma população do que as da IRGA 417, uma vez que aquelas produzem mais massa seca na parte aérea por unidade de área.

CAPÍTULO II

RENDIMENTO DE GRÃOS E EFICIÊNCIA DE USO DO NITROGÊNIO EM ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DE DENSIDADE DE SEMEADURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA

2.1. RESUMO

Não foi encontrada interação de densidade de semeadura e adubação nitrogenada para rendimento de grãos de arroz na maioria dos trabalhos realizados, associando diferentes densidades de plantas e níveis de nitrogênio. No entanto, especula-se que, em densidades de semeadura mais baixas, haja compensação pela aplicação de doses mais elevadas de nitrogênio através do estímulo ao afilhamento da planta. Este trabalho objetivou avaliar o rendimento de grãos e seus componentes e a eficiência de uso do nitrogênio (EUN) em duas cultivares de arroz irrigado em função de densidade de semeadura e nível de nitrogênio aplicado. Conduziu-se experimentos a campo durante as estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000 na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio-Grandense do Arroz em Cachoeirinha, RS. Os tratamentos constituíram-se de duas cultivares de arroz irrigado (BR-IRGA 410 e IRGA 417), quatro densidades de semeadura (50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) e quatro níveis de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). A adubação nitrogenada

foi aplicada em cobertura, sendo parcelada em duas épocas e em doses iguais. A resposta do rendimento de grãos das cultivares de arroz à adubação nitrogenada não é influenciada pela densidade de semeadura, com exceção da resposta verificada na densidade mais baixa em um dos anos. O rendimento de grãos de arroz apresenta resposta elástica à densidade de plantas, pois não varia dentro da faixa de densidades de semeadura testadas (50 a 200 kg ha⁻¹). A cultivar BR-IRGA 410 apresenta maior resposta à adubação nitrogenada do que a IRGA 417. A EUN é maior na cultivar BR-IRGA 410, mas diminui com incremento da adubação nitrogenada.

2.2. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é um macronutriente essencial para as plantas, pois faz parte da molécula das clorofilas, dos citocromos e de todas as enzimas e coenzimas. Além disso, esse nutriente desempenha papel importante na formação dos órgãos reprodutivos e dos grãos de arroz (Barbosa Filho, 1987). É também constituinte de proteínas e ácidos nucleicos, responsáveis pela transferência da informação genética (Arima, 1995).

Depois do hidrogênio, carbono e oxigênio, o nitrogênio é o elemento encontrado em maior quantidade nas plantas (Arima, 1995). Os adubos nitrogenados são os mais consumidos no mundo, superando as quantidades utilizadas de fósforo e de potássio (Raij, 1991). Segundo Murayama (1979), a massa seca da planta inteira de arroz contém de 1,5 a 2,5% de nitrogênio no estágio de início de formação da panícula.

A disponibilidade do nitrogênio é, muitas vezes, um fator limitante em sistemas de produção, influenciando o crescimento das plantas mais do que

qualquer outro nutriente. Devido a sua importância e à alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido estudado intensamente com propósito de maximizar a eficiência de seu uso. Para tanto, tem-se buscado redução de perdas de nitrogênio no solo e melhoria da sua absorção e assimilação pelas plantas (Bredemeier & Mundstock, 2000).

Vários testes foram realizados para determinar a resposta do arroz à adubação nitrogenada. Muitos desses trabalhos comprovaram a importância da adubação nitrogenada como fator de incremento do rendimento de grãos e de aumento do número de afixhos e de panículas por unidade de área (Ghobrial, 1983; Lopes et al., 1996; Singh & Pillai, 1996; Lopes et al., 1999a, 1999b).

Híbridos de arroz apresentam maior potencial de absorção de nitrogênio pelas raízes e maior eficiência de seu uso do que genótipos convencionais (Yang et al., 1999), especialmente nos estádios de afixamento e de emergência da panícula até o enchimento de grãos (Yang, 1987 apud Yang et al., 1999). Esta maior eficiência dos híbridos em relação aos genótipos convencionais deve-se ao maior rendimento de grãos obtido por unidade de nitrogênio aplicado (Lin & Yuan, 1980 apud Yang et al., 1999).

As diferenças de resposta no arroz irrigado à adubação nitrogenada estão associadas, principalmente, a variações na temperatura e na radiação solar incidentes durante as fases vegetativa e reprodutiva da cultura. Em anos com maiores temperatura e radiação solar, portanto, com mais energia fotossintética, as respostas do rendimento de grãos à adubação nitrogenada são maiores (Barbosa Filho, 1987). Contudo, podem ocorrer maiores perdas de nitrogênio por volatilização através da transpiração nas folhas com temperaturas mais elevadas (Silva, 1980).

Diversos trabalhos foram realizados no Estado do Rio Grande do Sul com propósito de determinar a densidade de semeadura mais adequada para as cultivares e/ou linhagens de arroz irrigado. Muitos desses resultados mostraram que densidades na faixa de 100 a 200 kg ha⁻¹ de sementes aumentam a população inicial de plantas e o número de colmos e de panículas por unidade de área em relação a densidades menores sem, todavia, resultarem em elevação do rendimento de grãos (Pedroso et al., 1975; Carmona et al., 1979; Souza, 1979; Infeld & Zonta, 1980; Pedroso et al., 1980; Pedroso & Reginatto, 1981; Pedroso, 1987; Silva et al., 1995).

O incremento da densidade de semeadura reduz os números de afilhos por planta e de grãos formados por panícula. Esta compensação que se verifica nos componentes do rendimento explica o fato de diversos autores não terem encontrado diferenças significativas no rendimento de grãos com aumento da densidade de semeadura dentro de uma determinada faixa de valores, quando as demais práticas culturais não foram limitantes (Ghobrial, 1983; Krishnarajan et al., 1984; Jones & Snyder, 1987; Gravois & Helms, 1992).

Alguns trabalhos realizados com arroz irrigado associando diferentes densidades de semeadura a níveis de adubação nitrogenada não revelaram interação significativa entre esses fatores para rendimento de grãos (Ghobrial, 1983; Krishnarajan et al., 1984; Reddy et al., 1986). No entanto, espera-se que em densidades de semeadura mais baixas haja compensação pela aplicação de doses mais elevadas de nitrogênio, por ele estimular ainda mais o afilhamento da planta. Esta compensação é possível, uma vez que esse nutriente estimula o afilhamento de plantas de arroz e aumenta o número de

panículas por unidade de área e o número de grãos formados por panícula (Ghobrial, 1983; Krishnarajan et al., 1984). Este trabalho objetivou avaliar as respostas do rendimento de grãos e seus componentes e a eficiência de uso do nitrogênio de duas cultivares de arroz irrigado em função de densidade de semeadura e do nível de nitrogênio aplicado.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo durante as estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000 em área da Estação Experimental do Arroz (EEA), do Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), localizada no município de Cachoeirinha, região climática 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 a 7 m de altitude.

O solo da área experimental é classificado como Gleissolo Háptico Ta Distrófico Típico (EMBRAPA, 1999a). Os valores das principais características físico-químicas da análise do solo foram: 14% de argila; pH em água: 4,7; índice SMP: 6,5; 1,5 % em $m\ v^{-1}$ de matéria orgânica; 9,8 $mg\ L^{-1}$ de fósforo; 36 $mg\ L^{-1}$ de potássio; 1,0 $cmol_c\ L^{-1}$ de cálcio; e 0,3 $cmol_c\ L^{-1}$ de magnésio.

O clima da região referida é do tipo subtropical úmido, conforme classificação de Köppen (Brasil, 1973), sendo considerado como de transição entre os tipos Cfa₁ (isoterma anual inferior a 18°C) e Cfa₂ (isoterma anual superior a 18°C). As temperaturas normais médias do ar são 14,3°C no mês mais frio (junho) e 25,2°C no mês mais quente (janeiro), sendo a média anual de 19,6°C. A precipitação pluvial média anual é de 1398 mm (IPAGRO, 1979). Os dados diários de temperatura máxima e mínima e de radiação solar durante

o período de condução dos experimentos foram obtidos no posto agrometeorológico da EEA e estão relacionados nos Apêndices 1 e 2, respectivamente para as estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000.

Cada experimento foi constituído por 32 tratamentos, associando duas cultivares de arroz irrigado a quatro densidades de semeadura e a quatro níveis de nitrogênio (N). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, dispostos em fatorial 2x4x4, com quatro repetições. As unidades experimentais apresentaram área de 16 m² (8 x 2 m) e de 13,4 m² (6,7 x 2 m), respectivamente nas estações de crescimento de 1998/99 e 1999/2000, sendo compostas por 10 linhas de semeadura, espaçadas de 20 cm.

As cultivares de arroz irrigado utilizados foram a BR-IRGA 410 e a IRGA 417, ambas caracterizadas como sendo do tipo moderno de plantas, de baixa estatura e alta capacidade de afilhamento, com folhas curtas e eretas e grãos longo-finos. Elas diferenciam-se principalmente pela duração do ciclo, sendo a primeira de ciclo médio (125-130 dias da emergência à maturação plena) e a segunda de ciclo precoce (110-115 dias) (EPAGRI, 1997). As densidades de semeadura foram 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de sementes aptas, correspondendo a aproximadamente 180, 360, 540 e 720 sementes m⁻², respectivamente. Os níveis de N aplicado foram 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹.

O preparo do solo foi efetuado em área previamente sistematizada no sistema de cultivo convencional, através de operações de lavração, gradagens e passagem de rolo destorroador. A adubação de base foi realizada entre operações de gradagens, quando foram incorporados ao solo 90 kg ha⁻¹ de K₂O e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando-se como fontes, respectivamente cloreto de potássio, com 60% de K₂O, e superfosfato triplo, com 45% de P₂O₅. A

semeadura do arroz foi realizada em 6 de novembro de 1998 e em 22 de novembro de 1999, respectivamente no primeiro e segundo anos, e através de semeadora de parcelas acoplada ao trator.

Os estádios de crescimento do arroz, descritos ao longo do texto, seguem escala adotada pelo IRRI (1996). A emergência das plântulas (estádio 2) ocorreu 13 e 12 dias após a semeadura, respectivamente nas estações de crescimento de 1998/99 e 1999/00. Os dados relativos à fenologia da cultura estão referidos na Tabela 2.1.

TABELA 2.1 – Estádios fenológicos de duas cultivares de arroz irrigado em duas estações de crescimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS

Estádio de crescimento	BR-IRGA 410 (DAE ¹)		IRGA 417 (DAE)		Estádio ²
	1998/99	1999/00	1998/99	1999/00	
DPP ³	57	50	50	46	3 a 4
Florescimento ⁴	82	77	76	70	6
Maturação de colheita ⁵	125	123	117	115	9

¹ dias após a emergência das plântulas;

² estágio de crescimento segundo escala do IRRI (1996);

³ diferenciação do primórdio da panícula;

⁴ considerado quando mais de 50 % das plantas encontravam-se neste estágio de crescimento;

⁵ considerado quando os grãos atingiram teor de umidade igual ou inferior a 23 %.

A adubação nitrogenada foi aplicada em cobertura, utilizando-se uréia como fonte (45% de N), a qual foi parcelada em duas épocas e em doses iguais. A primeira dose de N foi aplicada aos 12 e aos 15 DAE (entre os estádios 2 e 3), respectivamente na primeira e segunda estações de crescimento. A segunda dose da adubação nitrogenada foi aplicada aos 40 e aos 44 DAE (estádio 3), respectivamente no primeiro e segundo ano de realização da pesquisa.

O controle de plantas daninhas foi realizado através da aplicação de herbicidas em pós-emergência quando as mesmas apresentavam duas a três

folhas (principalmente espécies da família Poaceae). Foram aplicados, em mistura em tanque, 6 L ha⁻¹ de propanil (360 g L⁻¹ i.a.) e 0,75 kg ha⁻¹ de quinclorac (500 g kg⁻¹ i.a.) aos 5 DAE, na estação de crescimento de 1998/99; e 6 L ha⁻¹ de propanil (360 g L⁻¹ i.a.), 0,80 L ha⁻¹ de clomazone (500 g L⁻¹ i.a.) e 0,07 L ha⁻¹ de pyrazolsulfuron (250 g L⁻¹ i.a.) aos 6 DAE, na segunda estação de crescimento. Para controle de larvas da bicheira da raiz (*Oryzophagus oryzae* Lima, 1936), na estação de crescimento de 1998/99 foi aplicado 7 kg ha⁻¹ do inseticida carbofuran (100 g kg⁻¹ i.a.) aos 35 DAE. Para evitar o ataque de bicheira da raiz no segundo ano, foi realizado tratamento de sementes com o inseticida fipronil (250 g L⁻¹ i.a.), na dose de 0,25 L 100 kg⁻¹ de sementes.

A irrigação teve início aos 7 (1998/99) e aos 13 DAE (1999/2000), sendo mantida uma lâmina de água constante de 5 a 10 cm de altura sobre o solo. A supressão da irrigação ocorreu quando as plantas da cultivar BR-IRGA 410 atingiram maturação de colheita (umidade dos grãos igual ou menor a 23% - estágio 9). As demais práticas culturais foram realizadas conforme as recomendações técnicas da pesquisa para o arroz irrigado no sul do Brasil (EPAGRI, 1997; EMBRAPA, 1999b).

As variáveis eficiência de uso do nitrogênio (EUN) nos grãos, número de panículas por unidade de área, número de grãos formados por panícula, peso de 1.000 grãos e esterilidade de espiguetas foram obtidas a partir de uma mesma amostra colhida em área de 0,30 m² demarcada em cada unidade experimental. Com exceção das variáveis quantidade de N acumulado e EUN avaliadas na parte aérea das plantas no florescimento (estádio 6) e EUN nos grãos, todas as demais foram determinadas nas duas estações de crescimento. A quantidade de N acumulado foi avaliada na parte aérea das

plantas na diferenciação do primórdio da panícula (DPP - entre estádios 3 e 4) e também no florescimento (estádio 6), a partir de amostras coletadas em área de 0,30 m². As épocas de determinação das variáveis a campo, expressas em dias após a emergência e em estádios de crescimento nas estações de 1998/99 e 1999/2000, estão descritas na Tabela 2.2.

TABELA 2.2 – Períodos de avaliação das variáveis em duas cultivares de arroz irrigado durante duas estações de crescimento, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS

Variáveis	BR-IRGA 410 (DAE ¹)		IRGA 417 (DAE)		Estádio ²
	1998/99	1999/00	1998/99	1999/00	
N acumulado – DPP ³	62	59	55	53	3 a 4
N acumulado – florescimento	---	82	---	75	6
EUN ⁴ – DPP	62	59	55	53	3 a 4
EUN – florescimento	---	82	---	75	6
EUN – grãos ⁵	126	122	122	117	9
Rendimento de grãos	127	124	119	116	9
Número de panículas por área ⁵	126	122	122	117	9
Número de grãos formados por panícula ⁵	126	122	122	117	9
Peso de 1.000 grãos ⁵	126	122	122	117	9
Esterilidade de espiguetas ⁵	126	122	122	117	9

¹ dias após a emergência das plântulas;

² estágio de crescimento segundo escala do IRRRI (1996);

³ diferenciação do primórdio da panícula;

⁴ eficiência de uso do nitrogênio;

⁵ variáveis avaliadas a partir de amostras colhidas em áreas pré-demarcadas.

A quantidade de N acumulado na parte aérea das plantas foi obtida multiplicando-se o teor de N (determinado conforme metodologia descrita por Tedesco et al., 1995) pelo peso de massa seca das mesmas (secas em estufa a 65°C até atingirem peso constante). A EUN na parte aérea das plantas foi determinada através da divisão do rendimento de massa seca pela quantidade de N acumulado no tecido. Nos grãos, a EUN foi obtida através da divisão do rendimento de grãos da área demarcada (corrigido para 13% de umidade) pela

quantidade de N acumulado nos mesmos. A EUN foi calculada de acordo com fórmula proposta por Baligar et al. (1990).

O número de panículas por metro quadrado foi determinado através da contagem do número de panículas colhidas na área amostrada. O número de grãos formados por panícula foi determinado através da divisão do número total de grãos formados, colhidos na área demarcada, pelo número de panículas colhidas na mesma área. O peso de 1.000 grãos foi obtido através de regra de três simples, multiplicando-se 1.000 pelo quociente entre peso e número total de grãos formados da amostra anterior (corrigido para teor de 13% de umidade). A esterilidade de espiguetas foi obtida através da contagem do número de espiguetas estéreis, expressando-se-a em porcentagem em relação ao número total de espiguetas da área pré-demarcada.

O rendimento de grãos foi obtido através da pesagem dos grãos, corrigidos para teor de 13% de umidade, colhidos em área de 4,8 m² na estação de crescimento de 1998/99 e de 6,4 m² na estação de crescimento de 1999/2000. As colheitas da cultivar IRGA 417 foram realizadas em 18 de março de 1999 e em 29 de março de 2000 e da BR-IRGA 410 em 26 de março de 1999 e em 6 de abril de 2000, após ambas terem atingido a maturação plena de grãos (estádio 9).

Em função da alta concentração de N total (nas formas de amônia e nitrato) presente na água utilizada para irrigação do experimento (Apêndice 7), na primeira estação de crescimento foi eliminado o bloco que se encontrava mais próximo à entrada d'água, devido aos seus efeitos diferenciais sobre o crescimento das plantas, em relação aos demais blocos. Para minimizar o efeito da qualidade da água no segundo ano fez-se com que a entrada de água

ocorresse primeiramente em um quadro com vegetação espontânea, para só depois passar para a área do experimento. Apesar disto, ainda foi detectado tal efeito em algumas das parcelas que se encontravam mais próximo da entrada de água nesta estação de crescimento.

A análise estatística dos dados do experimento foi baseada em modelo apresentado por Riboldi (1995a, b). As variáveis avaliadas foram analisadas através do teste F e os fatores quantitativos submetidos à análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático. As análises foram realizadas através do Sistema de Análise Estatística para microcomputadores (SANEST). Os coeficientes "b" das equações de regressão linear foram comparados através do teste t (Gomez & Gomez, 1984).

2.4. RESULTADOS

Os resultados obtidos pela análise das variáveis avaliadas estão descritos na seqüência a seguir.

2.4.1. Quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas

2.4.1.1. Estádio da diferenciação do primórdio da panícula (DPP)

Para esta variável houve interação tríplice de densidade de semeadura, cultivar e nível de nitrogênio na estação de crescimento de 1998/99 (Apêndice 4). A quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas aumentou linearmente na cultivar BR-IRGA 410, nos níveis de nitrogênio de 0 e 40 kg ha⁻¹, com incremento na densidade de semeadura (Figura 2.1). Já, para a cultivar IRGA 417, a quantidade de nitrogênio acumulado aumentou no nível

de nitrogênio de 40 kg ha⁻¹ e diminuiu no de 80 kg ha⁻¹, ambos de forma quadrática, com acréscimo na densidade de semeadura (Figura 2.1). Em outros níveis de nitrogênio, para ambas as cultivares, não foram obtidas regressões significativas em função de densidade de semeadura.

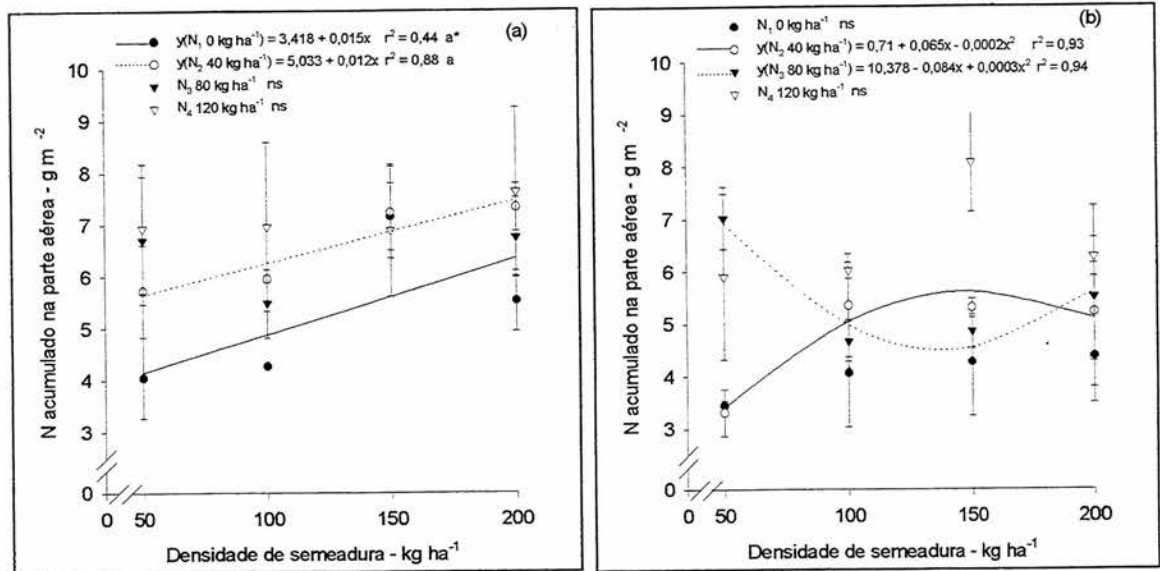


FIGURA 2.1. Quantidade de nitrogênio (N) acumulado na parte aérea das plantas das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Em ambas as cultivares, a quantidade de nitrogênio acumulado aumentou linearmente nas densidades de semeadura de 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ e de forma quadrática na densidade de 150 kg ha⁻¹ com incremento no nível de nitrogênio (Figura 2.2).

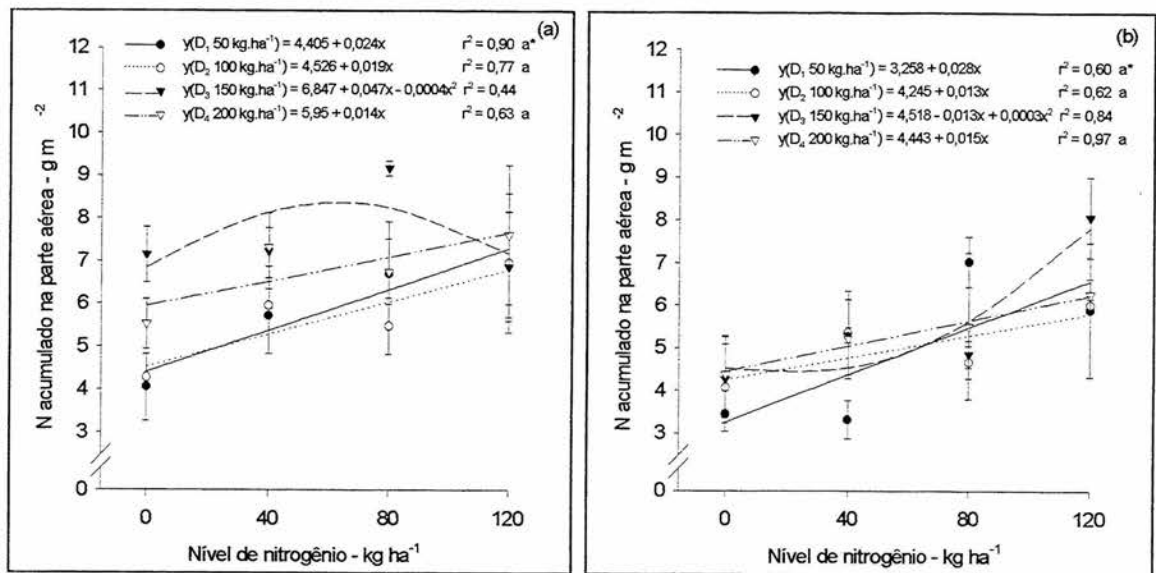


FIGURA 2.2. Quantidade de nitrogênio (N) acumulado na parte aérea das plantas das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) na diferenciação do primórdio da panícula em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Na estação de crescimento de 1999/2000, foram significativos os efeitos simples de densidade de semeadura e de cultivar (Apêndice 6). A quantidade de nitrogênio acumulado aumentou linearmente com incremento na densidade de semeadura (Figura 2.3). A cultivar BR-IRGA 410 acumulou 21 % mais nitrogênio na parte aérea ($7,5 \text{ g m}^{-2}$) do que a IRGA 417 ($6,2 \text{ g m}^{-2}$).

2.4.1.2. Estádio de florescimento

Neste estágio, a quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas só foi avaliada na estação de crescimento de 1999/2000, havendo apenas efeito simples de cultivar (Apêndice 6). A cultivar BR-IRGA 410 acumulou 15 % mais nitrogênio na parte aérea das plantas ($10,7 \text{ g m}^{-2}$) do que a IRGA 417 ($9,3 \text{ g m}^{-2}$).

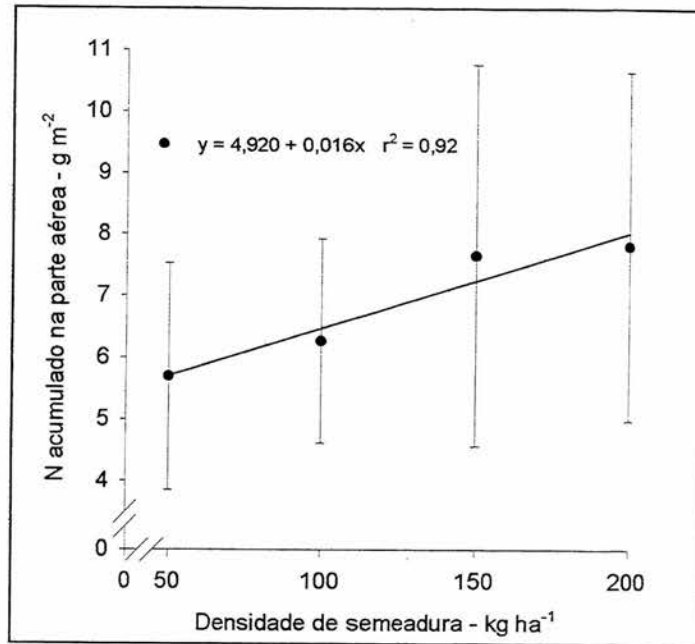


FIGURA 2.3. Quantidade de nitrogênio (N) acumulado na parte aérea das plantas de arroz irrigado na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. As barras verticais representam o erro padrão.

2.4.2. Eficiência de uso do nitrogênio (EUN) na parte aérea das plantas

2.4.2.1. Estádio de diferenciação do primórdio da panícula (DPP)

Na primeira estação de crescimento, houve interação simples de densidade de semeadura e nível de nitrogênio (Apêndice 4). A EUN reduziu-se de forma quadrática no nível de nitrogênio de 0 kg ha⁻¹ e linearmente no de 40 kg ha⁻¹, e aumentou de forma quadrática no nível de 80 kg ha⁻¹ com incremento da densidade de semeadura. No nível mais alto de nitrogênio, a regressão não foi significativa (Figura 2.4).

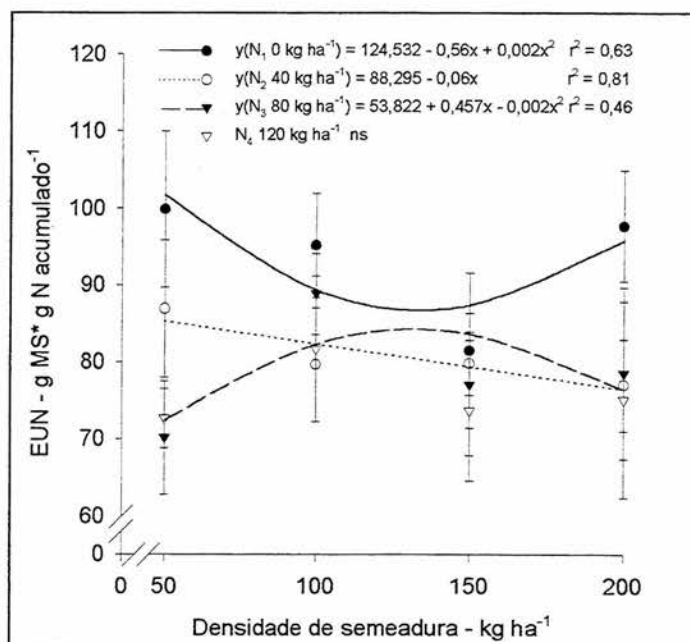


FIGURA 2.4. Eficiência de uso do nitrogênio (EUN) na parte aérea das plantas de arroz irrigado na diferenciação do primórdio da panícula em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão. *MS – massa seca.

Com incremento do nível de nitrogênio aplicado, a EUN reduziu-se de forma quadrática nas densidades de semeadura de 50 e 200 kg ha⁻¹ e, de forma linear, nas densidades de semeadura de 100 e 150 kg ha⁻¹ (Figura 2.5).

Na estação de crescimento de 1999/2000 foi significativo apenas o efeito simples de cultivar para esta característica (Apêndice 6). A cultivar BR-IRGA 410 apresentou EUN 10 % maior do que a IRGA 417, respectivamente 71,1 e 64,6 g MS g N acumulado⁻¹.

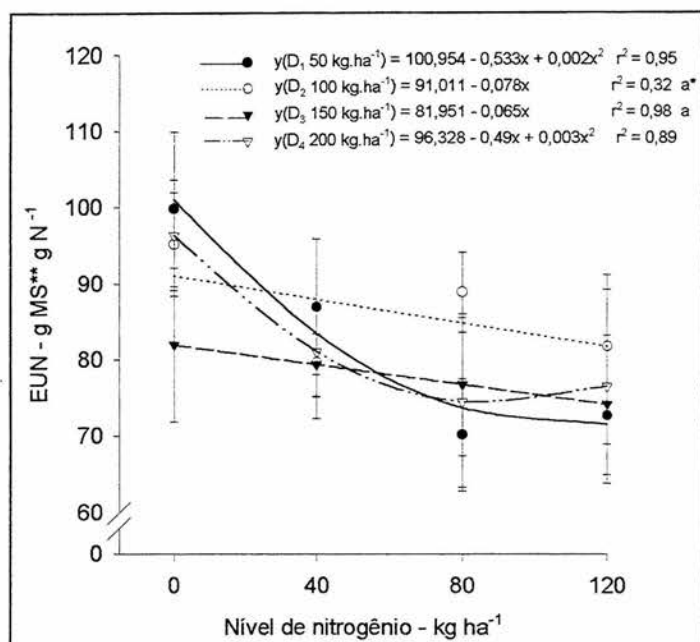


FIGURA 2.5. Eficiência de uso do nitrogênio (EUN) na parte aérea das plantas de arroz irrigado na diferenciação do primórdio da panícula em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade. **MS – massa seca.

2.4.2.2. Estádio de florescimento

Neste estágio, a EUN na parte aérea das plantas só foi avaliada na estação de crescimento de 1999/2000, havendo apenas efeito simples de cultivar (Apêndice 6). A cultivar BR-IRGA 410 apresentou EUN 12 % maior do que a IRGA 417, respectivamente 102,6 e 91,3 g MS g N acumulado⁻¹.

2.4.3. EUN nos grãos

Nos grãos, a EUN só foi avaliada na estação de crescimento de 1999/2000, sendo significativos os efeitos simples de nível de nitrogênio e de cultivar (Apêndice 6). A EUN diminuiu linearmente com incremento do nível de nitrogênio aplicado (Figura 2.6). A cultivar BR-IRGA 410 apresentou EUN 4 %

maior nos grãos em relação à IRGA 417, respectivamente 87,6 e 84,2 g g N acumulado⁻¹.

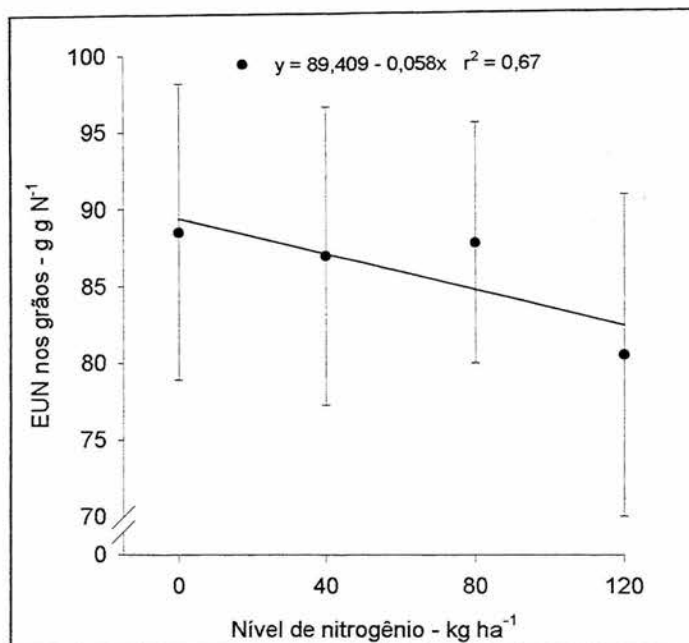


FIGURA 2.6. Eficiência de uso do nitrogênio (EUN) nos grãos de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. As barras verticais representam o erro padrão.

2.4.4. Rendimento de grãos

Para esta variável, houve interação simples de cultivar e nível de nitrogênio na primeira estação de crescimento (Apêndice 4). O rendimento de grãos da cultivar BR-IRGA 410 aumentou de forma quadrática e o da IRGA 417 aumentou linearmente com incremento do nível de nitrogênio aplicado (Figura 2.7). Com exceção do nível 0 kg ha⁻¹ de nitrogênio, nos demais níveis o rendimento de grãos da cultivar BR-IRGA 410 foi superior ao da IRGA 417.

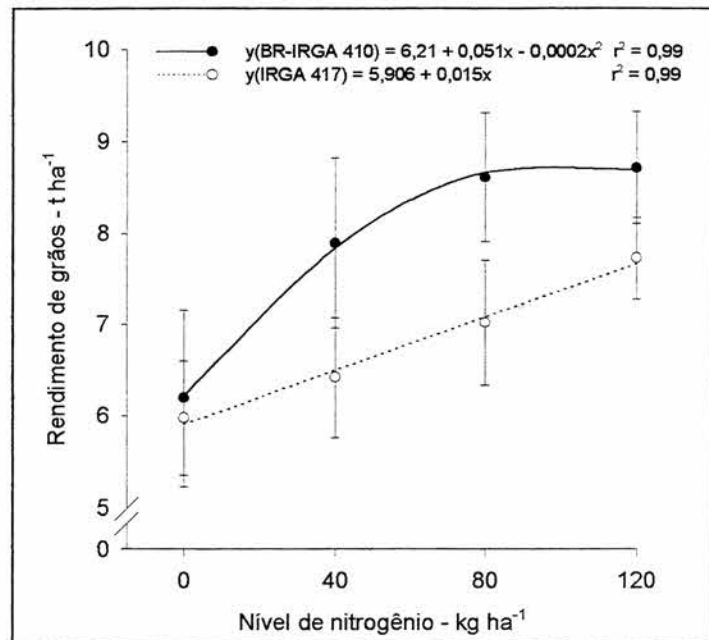


FIGURA 2.7. Rendimento de grãos de duas cultivares de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão.

Na estação de crescimento de 1999/2000, foi significativo apenas o efeito simples de cultivar para rendimento de grãos (Apêndice 6). A cultivar BR-IRGA 410 apresentou rendimento de grãos ($8,2 \text{ t ha}^{-1}$) 15,5 % maior do que a IRGA 417 ($7,1 \text{ t ha}^{-1}$), na média dos níveis de densidade de semeadura e de nitrogênio aplicado. Houve regressão significativa para níveis de nitrogênio somente na densidade de semeadura mais baixa (50 kg ha^{-1}), na qual o rendimento de grãos aumentou linearmente com incremento do nível de nitrogênio (Figura 2.8). Para cada 10 kg ha^{-1} de nitrogênio aplicado, o rendimento de grãos aumentou 140 kg ha^{-1} .

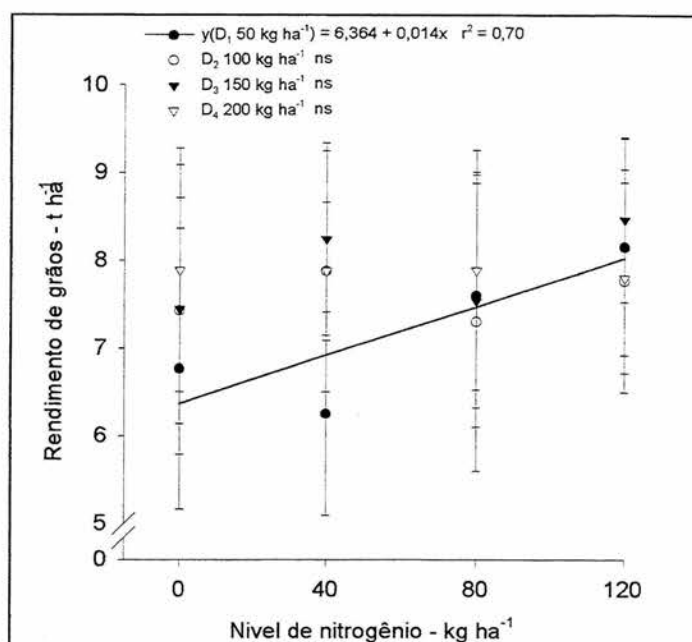


FIGURA 2.8. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, na média de duas cultivares, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. As barras verticais representam o erro padrão.

2.4.5. Número de panículas por área

Na estação de crescimento de 1998/99, houve efeitos simples de cultivar e de densidade de semeadura para esta variável (Apêndice 4). O número de panículas por área aumentou linearmente com incremento da densidade de semeadura (Figura 2.9). A cultivar IRGA 417 apresentou maior número de panículas do que a BR-IRGA 410, respectivamente 463 e 431 panículas m⁻².

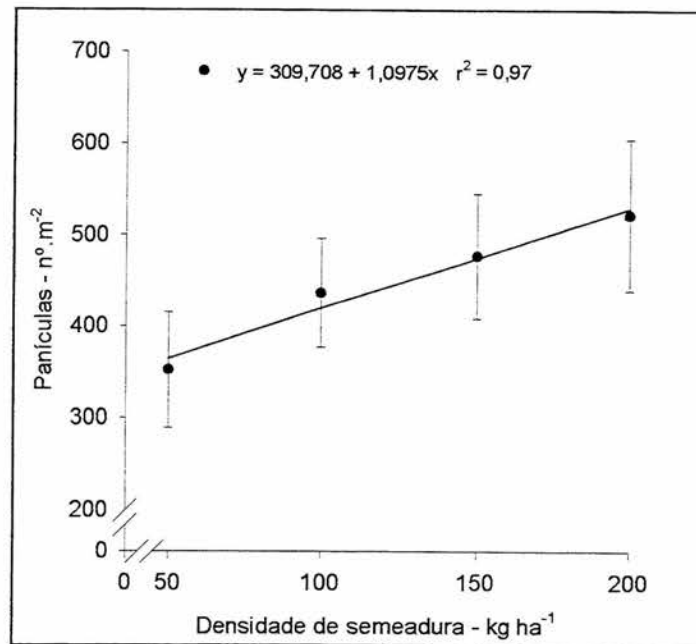


FIGURA 2.9. Número de panículas de arroz irrigado por área em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão.

Na estação de crescimento de 1999/2000, foi significativa a interação tríplice de densidade de semeadura, cultivar e nível de nitrogênio para esta variável (Apêndice 6). Com incremento da densidade de semeadura, o número de panículas por área de ambas as cultivares aumentou linearmente em todos os níveis de nitrogênio, exceto no nível mais alto para a cultivar BR-IRGA 410, para o qual a regressão não foi significativa (Figura 2.10). Para a cultivar IRGA 417, o aumento do número de panículas com incremento na densidade de semeadura foi mais intenso no maior nível de nitrogênio (Figura 2.10 b).

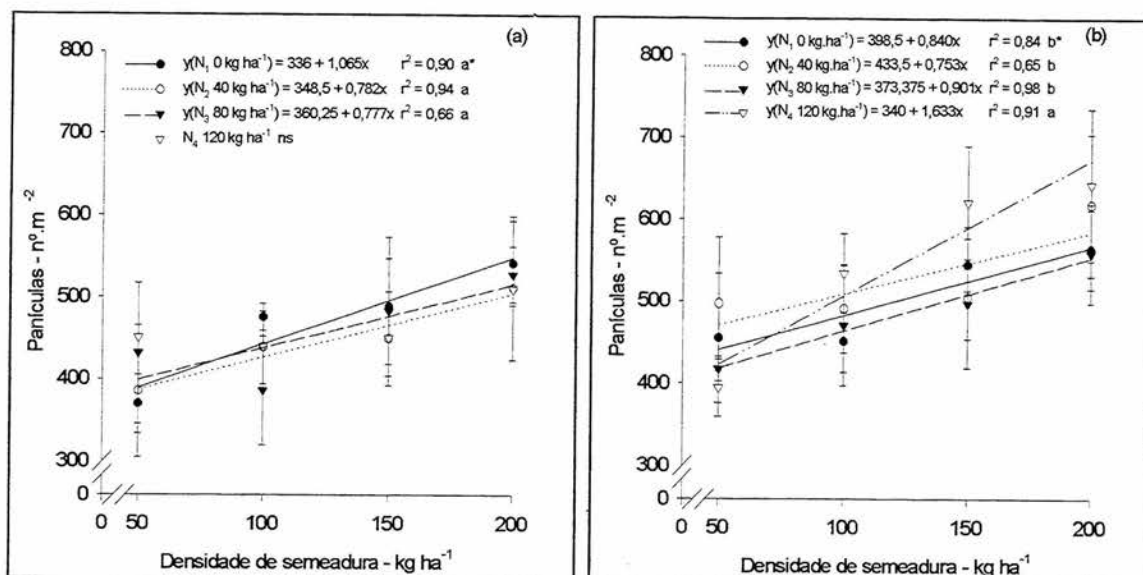


FIGURA 2.10. Número de panículas por área das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de densidade de semeadura, sob quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. As barras verticais representam o erro padrão. *Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre os coeficientes "b" das equações de regressão linear pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Na menor densidade de semeadura, o número de panículas da cultivar BR-IRGA 410 aumentou linearmente e o da IRGA 417 reduziu linearmente com incremento do nível de nitrogênio (Figura 2.11) no segundo ano. Além disso, houve regressão quadrática significativa na densidade de 150 kg ha^{-1} para a cultivar IRGA 417, na qual o número de panículas reduziu com incremento no nível de nitrogênio de 0 para 40 kg ha^{-1} , aumentando a partir do nível de nitrogênio de 80 kg ha^{-1} (Figura 2.11).

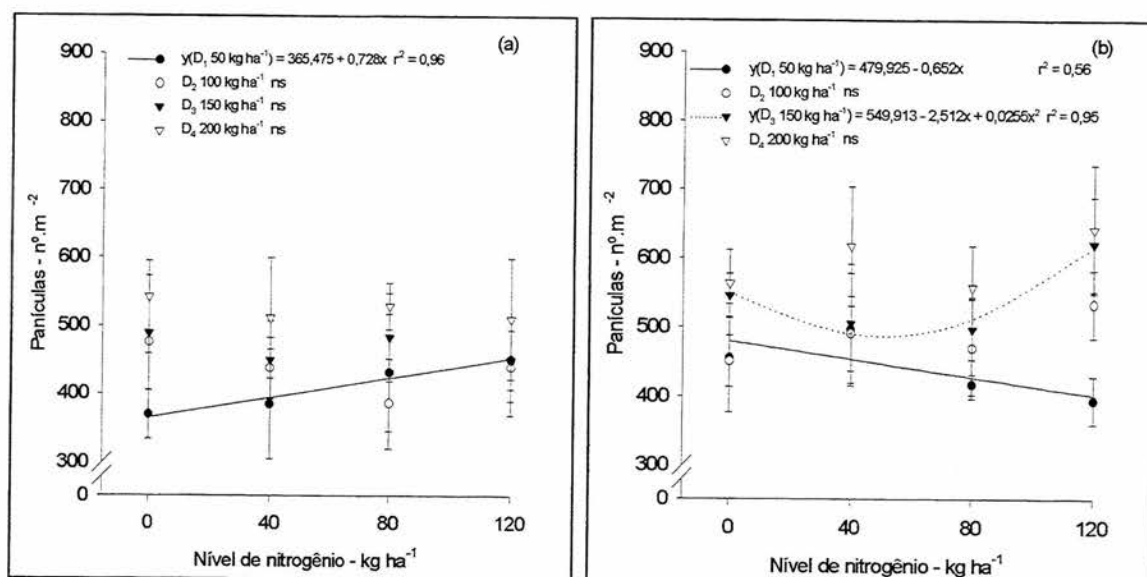


FIGURA 2.11. Número de panículas por área das cultivares de arroz irrigado BR-IRGA 410 (a) e IRGA 417 (b) em função de nível de nitrogênio aplicado, sob quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. As barras verticais representam o erro padrão.

2.4.6. Número de grãos formados por panícula

Para esta variável, houve efeitos simples de densidade de semeadura, de cultivar e de nível de nitrogênio na estação de crescimento de 1998/99 (Apêndice 4). Com incremento da densidade de semeadura, o número de grãos formados por panícula diminuiu de forma quadrática (Figura 2.12). Por outro lado, o número de grãos formados por panícula aumentou linearmente com incremento do nível de nitrogênio (Figura 2.13). A cultivar BR-IRGA 410 apresentou maior número de grãos formados por panícula (75) em relação à IRGA 417 (64), uma diferença positiva de 17 %.

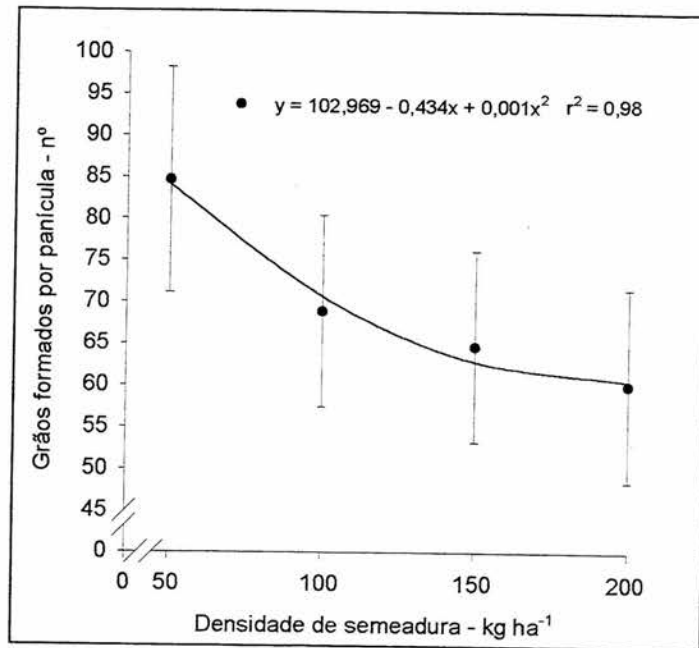


FIGURA 2.12. Número de grãos formados por panícula de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão.

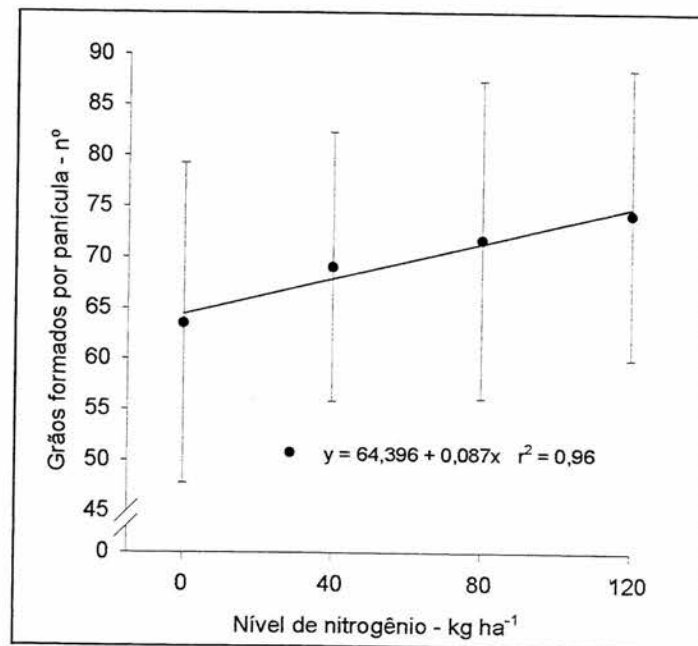


FIGURA 2.13. Número de grãos formados por panícula de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de duas cultivares e de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão.

Na segunda estação de crescimento, foram significativos os efeitos simples de cultivar e de densidade de semeadura para esta característica (Apêndice 6). O número de grãos formados por panícula reduziu linearmente com incremento da densidade de semeadura (Figura 2.14). O número de grãos formados por panícula da cultivar BR-IRGA 410 (71 grãos) foi 11 % maior do que o da IRGA 417 (64 grãos).

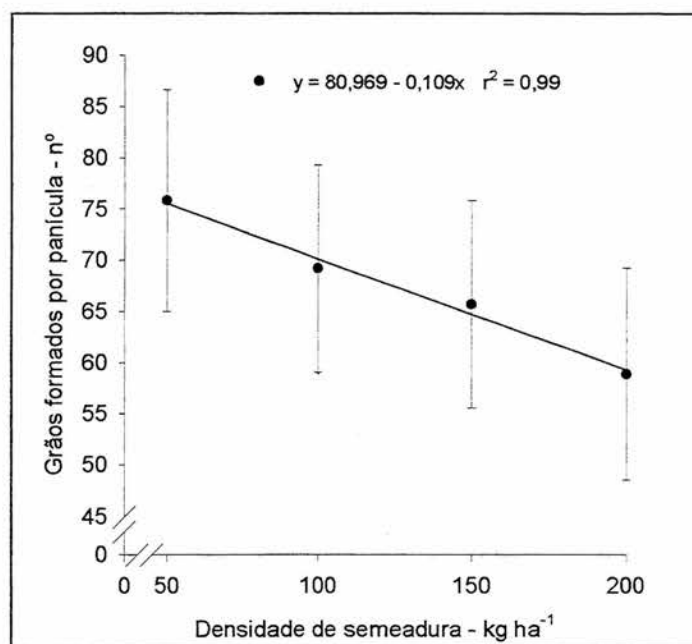


FIGURA 2.14. Número de grãos formados por panícula de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. As barras verticais representam o erro padrão.

2.4.7. Peso de 1.000 grãos

Na estação de crescimento de 1998/99, ocorreu interação simples de cultivar e nível de nitrogênio para esta variável (Apêndice 4). A cultivar BR-IRGA 410 aumentou de forma quadrática o peso de 1.000 grãos com incremento do nível de nitrogênio; enquanto para a IRGA 417 não houve regressão significativa (Figura 2.15).

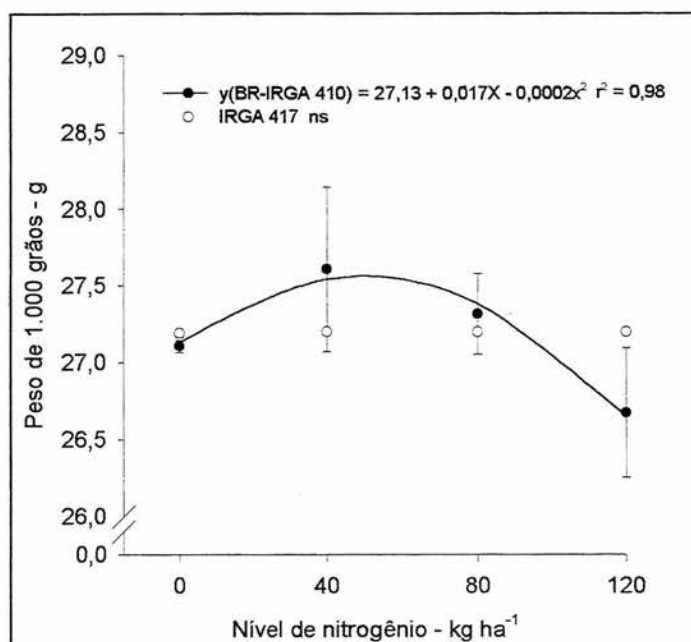


FIGURA 2.15. Peso de 1.000 grãos de duas cultivares de arroz irrigado em função de nível de nitrogênio aplicado, na média de quatro densidades de semeadura, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99. As barras verticais representam o erro padrão.

Na segunda estação de crescimento, foram significativos os efeitos simples de cultivar e de densidade de semeadura (Apêndice 6). O peso de 1.000 grãos aumentou de forma quadrática com incremento das densidades intermediárias de semeadura (Figura 2.16). O peso de 1.000 grãos da cultivar BR-IRGA 410 foi 6 % maior que o da IRGA 417, respectivamente 27,7 e 26,2 gramas.

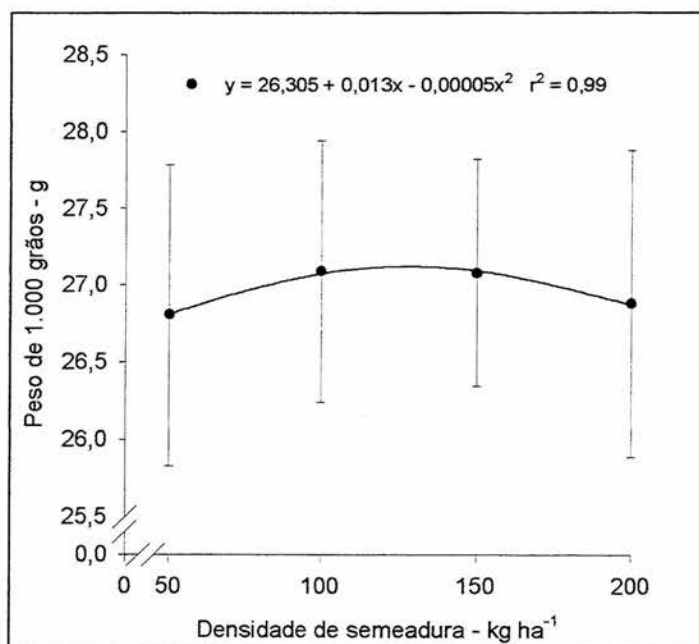


FIGURA 2.16. Peso de 1.000 grãos de arroz irrigado em função de densidade de semeadura, na média de duas cultivares e de quatro níveis de nitrogênio aplicado, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000. As barras verticais representam o erro padrão.

2.4.8. Esterilidade de espiguetas

Para esta variável, houve apenas efeito simples de cultivar nas duas estações de crescimento (Apêndices 4 e 6). Na primeira estação de crescimento, a cultivar BR-IRGA 410 apresentou menor esterilidade de espiguetas (6,6 %) do que a IRGA 417 (8,2 %). Já, na estação de crescimento de 1999/2000, ocorreu o inverso, em que a cultivar IRGA 417 apresentou menor esterilidade de espiguetas do que a BR-IRGA 410, respectivamente 8,3 % e 10,2 %.

2.5. DISCUSSÃO

Para rendimento de grãos de arroz, não houve interação de densidade de semeadura e nível de nitrogênio, exceto no segundo ano, em que ocorreu

resposta à adubação nitrogenada somente na densidade mais baixa (Figura 2.8).

As duas cultivares de arroz testadas apresentaram nas duas estações de crescimento, resposta elástica à densidade de plantas, pois o rendimento de grãos não variou na faixa de densidade de semeadura utilizada (50 a 200 kg ha⁻¹ de sementes). Este resultado se deve ao fato dos aumentos do número de panículas por área (Figuras 2.9 e 2.10) e do peso de 1.000 grãos (Figura 2.16), em resposta ao incremento da densidade de semeadura, terem sido contrabalançados pela redução do número de grãos formados por panícula (Figuras 2.12 e 2.14), já que a esterilidade de espiguetas não foi afetada por este fator. Esta compensação que se verifica nos componentes do rendimento do arroz, pode explicar o fato de diversos autores não terem encontrado diferenças significativas no rendimento de grãos com aumento da densidade de semeadura, dentro de uma determinada faixa de valores (Ghobrial, 1983; Krishnarajan et al., 1984; Jones & Snyder, 1987; Pedroso, 1987; Gravois & Helms, 1992).

A elasticidade de resposta do rendimento de grãos à variação da densidade de semeadura foi obtida em condições em que houve adequado controle de plantas daninhas. No entanto, em situações em que ocorre alta infestação de plantas invasoras, principalmente arroz vermelho, há resposta do arroz à densidade de plantas. Neste caso, o aumento do número de plantas por unidade de área, assim como a redução do espaçamento entrelinhas, constituem-se em estratégias eficientes para aumentar a capacidade competitiva do arroz cultivado, uma vez que sob menor densidade de plantas e

maior espaçamento entrelinhas há maior espaço disponível para crescimento de espécies infestantes (Menezes & Silva, 1998).

As variações observadas nos componentes do rendimento em função de variações na densidade de plantas devem-se à plasticidade apresentada pelas plantas de arroz (Souza et al., 1993). Segundo esses autores, a plasticidade da cultura está associada ao maior número de panículas por unidade de área quando for cultivada em maiores populações de plantas e a maior produção de grãos por panícula quando o for em populações menores. A plasticidade morfológica que representa a capacidade das plantas se adaptarem a diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas, é influenciada pela espécie e pelo genótipo (Donald, 1963; Pereira, 1989; Loomis & Connor, 1992). Dentre os fatores que conferem maior plasticidade ao arroz, o afilhamento é o mais expressivo, por capacitar as plantas a ocuparem rapidamente o espaço disponível (Pereira, 1989).

Verificou-se que, com o incremento da densidade de plantas, aumentou a quantidade de nitrogênio acumulado por unidade de área na parte aérea das plantas de arroz, por ocasião da diferenciação do primórdio da panícula no segundo ano de pesquisa (Figura 2.3). Esta resposta pode associar-se ao aumento do rendimento de massa seca observado em ambas as cultivares com incremento da densidade de semeadura (Figura 1.11); ou seja, com aumento da quantidade de massa seca houve maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas por área.

Somente no primeiro ano ocorreu aumento do rendimento de grãos de ambas as cultivares com incremento do nível de nitrogênio aplicado (Figura 2.7). Isto se deveu, principalmente, ao aumento do número de grãos formados

por panícula com incremento da adubação nitrogenada (Figura 2.13). Por outro lado, o número de panículas por unidade de área não variou com o nível de nitrogênio aplicado no primeiro ano, com exceção da densidade de 50 kg ha⁻¹ para a cultivar BR-IRGA 410, e da densidade de 150 kg ha⁻¹ para a cultivar IRGA 417 no segundo ano (Figura 2.11).

Diversos autores também obtiveram aumento do rendimento de grãos com incremento da adubação nitrogenada (Wells & Faw, 1978; Chau et al., 1985; Westcott & Vines, 1984; Singh & Pillai, 1996; Lopes et al., 1999a, 1999b), os quais atribuíram tal resposta ao aumento do número de grãos formados por panícula. No entanto, Ghobrial (1983) e Reddy et al. (1986) também consideraram o aumento do número de panículas por unidade de área como fator determinante do aumento do rendimento de grãos de arroz com incremento do nível de nitrogênio aplicado.

Na segunda estação de crescimento, a resposta do arroz à adubação nitrogenada foi menos intensa do que a verificada no primeiro ano. Apenas na menor densidade de semeadura (50 kg ha⁻¹) ocorreu resposta, situação em que o rendimento de grãos aumentou com incremento do nível de nitrogênio aplicado (Figura 2.8). Padrões de resposta similares à verificada para rendimento de grãos foram observados na cultivar IRGA 417 para número de afilhos por planta (Figura 1.6 b) e para número de grãos formados por planta (Figura 1.19 b), características que também aumentaram quando houve incremento do nível de nitrogênio, mas somente na densidade de semeadura mais baixa. Para a cultivar BR-IRGA 410, o número de panículas por unidade de área também aumentou somente na menor densidade de plantas (Figura 2.11 a). Desta forma, no ano em que a resposta ao nitrogênio foi menor,

quando houve resposta, esta só ocorreu na densidade mais baixa de semeadura. Wells & Faw (1978) também obtiveram aumento do rendimento de grãos com incremento da adubação nitrogenada somente na menor densidade de semeadura que testaram.

Houve resposta diferencial entre anos do rendimento de grãos à adubação nitrogenada. Além do rendimento de grãos, observou-se que, na estação de crescimento de 1998/99, houve maior número de variáveis que responderam ao nitrogênio aplicado em cobertura, em relação à estação de crescimento seguinte. Dentre os diferentes fatores que influenciam a resposta à adubação nitrogenada, um dos mais importantes é a quantidade de radiação solar incidente. Em anos com maior disponibilidade de radiação, as respostas ao nitrogênio são maiores (Barbosa Filho, 1987). Neste sentido, a maior resposta ao nitrogênio, observada no primeiro ano, pode estar associada a maior disponibilidade de radiação solar ocorrida durante o período crítico da cultura (Apêndices 1 e 2). Este período corresponde ao intervalo entre 21 dias antes e 21 após o florescimento, quando condições de plena radiação solar favorecem a planta a utilizar mais eficientemente o nitrogênio (Yoshida & Parao, 1976). Em média, nos períodos críticos conjuntos de ambas as cultivares, a radiação solar acumulou $452 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ no primeiro ano e $390 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ na estação de crescimento seguinte, aproximadamente 14 % menos.

Ambas as cultivares aumentaram a quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas com incremento do nitrogênio aplicado no estágio de diferenciação do primórdio da panícula, em todas as densidades de semeadura (Figura 2.2). Borrel et al. (1998) também obtiveram aumento da

quantidade de nitrogênio acumulado em diferentes partes e estádios de crescimento das plantas com incremento do nível de nitrogênio aplicado.

A cultivar BR-IRGA 410 respondeu mais intensamente à adubação nitrogenada do que a IRGA 417 porque, além do aumento do número de grãos formados por panícula, também mostrou maior peso de grãos (Figura 2.15). De modo geral, a cultivar BR-IRGA 410 acumulou mais nitrogênio na parte aérea das plantas do que a IRGA 417, tanto na diferenciação do primórdio da panícula quanto no florescimento. A maior resposta da cultivar BR-IRGA 410 pode estar relacionada com uma maior área fotossintética, em função da maior produção de massa seca apresentada pela mesma (item 1.4.4 – Capítulo 1), o que culminou em maior resposta do rendimento de grãos à adubação nitrogenada. A produção e a distribuição de fotoassimilados estão relacionadas com o suplemento de nitrogênio e a cultivar, sendo que aquelas cultivares que respondem mais à adubação nitrogenada em geral são mais eficientes em fotossíntese (Osada, 1995).

Independente da densidade de semeadura, a eficiência do uso de nitrogênio na parte aérea da planta de arroz, durante a diferenciação do primórdio da panícula, diminuiu no primeiro ano com incremento do nível de nitrogênio aplicado (Figura 2.5). Em trabalhos conduzidos com arroz (Borrel et al., 1998), trigo e cevada (Sieling et al., 1998), milho (Maman et al., 1999) e sorgo (Traore & Maranville, 1999), também foi constatada redução na eficiência de uso do nitrogênio com incremento da adubação nitrogenada. Este fato pode estar associado ao aumento de perdas em decorrência de maior quantidade de nitrogênio aplicado, que ocorrem de diferentes formas, como volatilização e percolação, dentre outras (Raun & Johnson, 1999). Neste sentido, De Datta et

al. (1991) concluíram que a volatilização de amônia representa a maior perda do nitrogênio aplicado na forma de uréia em lavouras de arroz. Segundo esses autores, este processo intensifica-se quando aumenta o pH e a temperatura da água e a velocidade do vento. Perdas de nitrogênio por volatilização através da transpiração nas folhas também são significativas, principalmente sob temperaturas elevadas do ar (Silva, 1980).

O arroz responde mais intensamente à adubação nitrogenada até determinado nível de nitrogênio aplicado, como foi observado na resposta do rendimento de grãos da cultivar BR-IRGA 410 no primeiro ano (Figura 2.7). Com incremento da adubação nitrogenada, a absorção e o aproveitamento do nitrogênio pelas plantas diminuem (Arima, 1995). Para a cultivar IRGA 417 este comportamento não foi evidenciado, já que no primeiro ano o rendimento de grãos respondeu linearmente à adubação nitrogenada (Figura 2.7), indicando que ela necessitaria de maior nível de nitrogênio para que a curva de resposta dobrasse. A cultivar BR-IRGA 410 apresentou maior eficiência de uso do nitrogênio do que a IRGA 417, tanto na parte aérea das plantas como nos grãos. Na segunda estação de crescimento, a cultivar BR-IRGA 410 produziu mais massa seca e mais grãos para cada grama de nitrogênio acumulado, tanto na parte aérea da planta como nos grãos, em comparação aos valores obtidos na IRGA 417.

2.6. CONCLUSÕES

A resposta do rendimento de grãos de cultivares de arroz irrigado à adubação nitrogenada não é influenciada pela densidade de semeadura, exceto em densidade baixa.

O rendimento de grãos de arroz apresenta plasticidade de resposta à densidade de plantas, pois não varia na faixa de densidade de semeadura de 50 a 200 kg ha⁻¹, sob condições não limitantes de outros fatores.

A cultivar BR-IRGA 410 apresenta maior resposta e maior eficiência no uso do nitrogênio do que a IRGA 417.

A eficiência de uso do nitrogênio em arroz irrigado decresce com aplicação de doses mais elevadas deste nutriente, independente de densidade de semeadura.

CONCLUSÕES GERAIS

O incremento na população de plantas de arroz irrigado aumenta a competição intra-específica, ocasionando redução na produção de grãos por planta. No entanto, a plasticidade apresentada pela cultura faz com que as plantas apresentem ampla resposta à densidade de semeadura e determina que não haja diferenças significativas no rendimento de grãos com incremento na densidade de semeadura na faixa de 50 a 200 kg ha⁻¹ de sementes.

A densidade de semeadura não influencia a resposta de cultivares de arroz à adubação nitrogenada. No entanto, baixas populações iniciais de plantas podem ser compensadas pelo incremento no nível de nitrogênio aplicado, uma vez que este nutriente estimula o afilhamento e aumenta o número de grãos formados por panícula.

A cultivar BR-IRGA 410 apresenta maior resposta à adubação nitrogenada do que a IRGA 417, o que confere àquela maior eficiência no uso de nitrogênio. O incremento do nível de nitrogênio aplicado reduz a eficiência de seu uso, tanto na parte aérea das plantas como nos grãos, independente da cultivar e da densidade de semeadura utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.L. de; MUNDSTOCK, C.M.; SANGOI, L. Conceito de ideotipo e seu uso no aumento do rendimento potencial de cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.2, p.325-332, 1998.

ARIMA, Y. Uptake and accumulation of nitrogen. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Eds.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. 3v. V.2: Physiology. p.327-343.

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

BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado**. Piracicaba: Potafos, 1987. 129 p. (Boletim Técnico, 9).

BORRELL, A.K.; GARSIDE, A.L.; FUKAI, S.; REID, D.J. Season, nitrogen rate, and plant type affect nitrogen uptake and nitrogen use efficiency in rice. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.49, n.5, p.829-843, 1998.

BOUKERROU, L.; RASMUSSEN, D.D. Breeding for high biomass yield in spring barley. **Crop Science**, Madison, v.30, n.1, p.31-35, 1990.

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. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

BREDEMEIER, 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.

CARMONA, P.S.; CABRAL, J.T.; VALÉRIO, M.G.B. Regional de densidade de semeadura. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 9., 1979, Pelotas. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1979. p.45-48.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.167-174, 1996.

CHANDLER, R.F. **Arroz en los trópicos**: guía para el desarrollo de programas nacionales. San José: IICA, 1984. 304 p. (IICA/Serie Investigación y Desarrollo, 12).

CHAU, N.M.; HOANG, P.T.; SINGH, B.K.; LUAT, N.V. Effect of seeding rate and N levels on yield of direct-seeded rice. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v.10, n.4, p.27, 1985.

CONAB. **Arroz**: comparativo de área, produção e produtividade - safra 2000/01. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/política_agrícola/safra/avalia4.cfm>. Acesso em: 18 jun. 2001.

De DATTA, S.K.; BURESH, R.J.; SAMSON, M.I.; OBCEMEA, W.N.; REAL, J.G. Direct measurement of ammonia and denitrification fluxes from urea applied to rice. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.55, n.2, p.543-548, 1991.

DONALD, C.M. Competition among crop and pasture plants. **Advances in Agronomy**, New York, v.15, p.1-118, 1963.

DONALD, C.M. The breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, Wageningen, v.17, p.385-403, 1968.

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

EMBRAPA. Embrapa Clima Temperado (Pelotas). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado/IRGA/EPAGRI, 1999b. 124 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 57).

EPAGRI. Estação Experimental de Itajaí - SC. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. 4 ed. Itajaí, 1997. 80 p.

FAGADE, S.O.; De DATTA, S.K. Leaf area index, tillering capacity, and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n.3, p.503-506, 1970.

FAO. **Rice, paddy, production 2000**. Disponível em: <<http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>>. Crop production. Acesso em: 18 jun. 2001.

FISCHER, A.J. Principios basicos sobre el manejo de malezas. In: SHENK, M.; FISCHER, A.J.; VALVERDE, B. (Eds.). **La interferencia entre las malezas y los cultivos**. Honduras: Escuela Agricola Panamericana, 1985. p.21-40. (Publicación MIPH-EAP, 65).

FUJITA, K.; YOSHIDA, S. Partitioning of photosynthates between panicle and vegetative organs of rice under different planting densities. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokio, v.30, n.4, p.519-525, 1984.

GHOBRAL, G.I. Response of irrigated dry seeded rice to nitrogen level, interrow spacing, and seeding rate in a semiarid environment. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v.8, n.4, p.27-28, 1983.

GOMEZ, K.A.; GOMEZ, A.A. **Statistical procedures for agricultural research**. 2.ed. Singapore: John Wiley & Sons, 1984. 680 p.

GRAVOIS, K.A.; HELMS, R.S. Path analysis of rice yield and 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.

HANADA, K. Tillers. In: MATSUO, T.; HOSHIKAWA, K. (Eds.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1993. 3v. V.1: Morphology. p.222-258.

INFELD, J.A.; ZONTA, E.P. Densidade na BR-IRGA 410. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 13., 1984, Balneário Camboriú. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1984. p.247-251.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Standard evaluation system for rice**. 4.ed. Manila: INGER (Genetic Resources Center) – IRRI, 1996. 58p.

IPAGRO. Guaíba. In: OBSERVAÇÕES meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1979. p.55-66. (Boletim Técnico, 3).

IRGA. Instituto Rio-Grandense do Arroz. Divisão de Pesquisa. **Importância do arroz e a pesquisa desenvolvida pelo Irga**. Cachoeirinha, 1997. (Folder técnico).

IRGA. Departamento Comercial e Industrial. Equipe de Política Setorial. **Acompanhamento semanal de colheita do arroz irrigado: safra 2000/01**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/dados.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2001.

JONES, D.B.; SNYDER, G.H. Seeding rate and row spacing effects on yield and yield components of drill-seeded rice. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, n.4, p.623-626, 1987.

KAWANO, K.; GONZALES, H.; LUCENA, M. Intraspecific competition, competition with weeds, and spacing response in rice. **Crop Science**, Madison, v.14, n.6, p.841-845, 1974.

KHUSH, G.S. Aumento do potencial genético de rendimento do arroz: perspectivas e métodos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1995. v.1, p. 13-29. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 60).

KRISHNARAJAN, J.; MUTHUKRISHNAN, P.; SUBBIAH, K.K. Optimum seeding rate and nitrogen level for rice grown in semidry conditions. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v.9, n.2, p.26, 1984.

LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems.** Cambridge: Cambridge University Press, 1992. p.32-59.

LOPES, M.S.; MACEDO, V.R.M.; CORRÊA, N.I.; GIORGI, I.U. 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.; MACEDO, V.R.M.; LOPES, S.I.G.; ROSSO, A.F. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para oito 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.**

LOPES, S.I.G.; LOPES, M.S.; MACEDO, V.R.M. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para quatro genótipos de arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.49, n.425, p.3-6, 1996.

MAMAN, N.; MASON, S.C.; GALUSHA, T; CLEGG, M.D. Hybrid and nitrogen influence on pearl millet production in Nebraska: yield, growth, and nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, n.5, p. 737-743, 1999.

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.

MILLER, B.C.; HILL, J.E.; ROBERTS, S.R. Plant population effects on growth and yield in water-seeded rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n.2, p. 291-297, 1991.

MURAYAMA, N. The importance of nitrogen for rice production. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Nitrogen and rice.** Los Baños: IRRI, 1979. p. 5-23.

OSADA, A. Photosynthesis and respiration in relation to nitrogen responsiveness. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Eds.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. 3v. V.2: Physiology. p.696-703.

PEDROSO, B.A.; MARIOT, C.; CARMONA, P.S. Efeitos de densidades e sistemas de semeadura no rendimento de grãos e outras características agrônômicas de quatro cultivares de arroz irrigado. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 5., 1975, Cachoeirinha. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA, 1975. p.81-84.

PEDROSO, B.A.; CABRAL, J.T.; GIORGI, I.U. Regional de densidades 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.; REGINATTO, M. da P.V. Densidade de semeadura em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 11., 1981, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UEPAE de Pelotas, 1981. p.141-145.

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, 55-59, 1987.

PEREIRA, A.R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônômico**, Campinas, v.41, n.1, p.5-11, 1989.

PEREIRA, P.A.A.; PINHEIRO, B. da S.; TEIXEIRA, S.M.; PRABHU, A.S.; FERREIRA, R.P. Rice in Brazil. **International Rice Commission Newsletter**, Roma, v.39, p.241-248, 1990.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

RAUN, W.R.; JOHNSON, G.V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, n. 3, p.357-363, 1999.

REDDY, M.D.; GHOSH, B.C.; PANDA, M.M. Effect of seed rate and application of N fertilizer on grain yield and N uptake of rice under intermediate deepwater conditions (15-50 cm). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.107, n.1, p.61-66, 1986.

RIBOLDI, J. **Análise de variância**. Porto Alegre: Instituto de Matemática da UFRGS, 1995a. 110p. (Cadernos de Matemática e Estatística).

RIBOLDI, J. **Experimentos fatoriais**. Porto Alegre: Instituto de Matemática da UFRGS, 1995b. 110p. (Cadernos de Matemática e Estatística).

RIEFFEL NETO, S.R. **Resposta ao arranjo de plantas de genótipos de arroz irrigado com distintos tipos de planta e potenciais de rendimento.** Porto Alegre, 1999. 101f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

RIEFFEL NETO, S.R.; SILVA, P.R.F. da; MENEZES, V.G.; MARIOT, C.H.P. Resposta de genótipos de arroz irrigado ao arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2383-2390, 2000.

SANINT, L.R. Evolución tecnológica, perspectivas futuras y situación mundial del arroz. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Palestras...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 7-35.

SANTOS, A.B. dos; COSTA, J.D. Comportamento de variedades de arroz de sequeiro em diferentes populações de plantas, com e sem irrigação suplementar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.1, p.1-8, 1995.

SCHIOCCHET, M.A.; NOLDIN, J.A. Densidade de semeadura para arroz irrigado no sistema pré-germinado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 130-132. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 1).

SELING, K.; SCHRÖDER, H.; FINCK, M.; HANUS, H. Yield, N uptake, and apparent N-use efficiency of winter wheat and winter barley grown in different cropping systems. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.131, n.4, p.375-387, 1998.

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

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

SILVA, P.R.F. da; MENEZES, V.G.; MARIOT, C.H.P.; CARMONA, R.C.; REZERA, F. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado a três densidades de semeadura e a três espaçamentos entre linhas. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p.153-154.

SOUZA, P.R. de. Densidade de semeadura em cultivares e linhagem de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 9., 1979, Pelotas. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1979. p.42-44.

SOUZA, R.O.; MARTINS, J.F. da S.; GOMES, A. da S.; SILVA, L.S. Densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para o arroz irrigado cultivado no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 139-141. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 1).

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p.

TRAORE, A.; MARANVILLE, J.W. Nitrate reductase activity of diverse grain sorghum genotypes and its relationship to nitrogen use efficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v.91, n.5, p.863-869, 1999.

WELLS, B.R.; FAW, W.F. Short-statured rice response to seeding and N rates. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.3, p.477-480, 1978.

WESTCOTT, M.P.; VINES, K.W. Seeding rate X N rate for two rice varieties. **Annual Progress Report**, Baton Rouge, p.84-90, 1984. Resumo obtido via base de dados CAB ABSTRACTS, London, CAB International, CD-ROM.

WU, G.; WILSON, L.T.; McCLUNG, A.M. Contribution of rice tillers to dry matter accumulation and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n.3, p.317-323, 1998.

YANG, X.; ZHANG, J.; NI, W.; DOBERMANN, A. Characteristics of nitrogen nutrition in hybrid rice. **International Rice Research Notes**, Manila, v.24, n.1, p.5-8, 1999.

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

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar diária ocorridas durante o período experimental, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99

Dia	NOVEMBRO/98			DEZEMBRO/98		
	Temperaturas (°C)		Radiação solar	Temperaturas (°C)		Radiação solar
	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²
1	23,8	7,8	620	33,5	13,8	588
2	24,8	7,3	572	34,8	13,7	552
3	23,7	11,3	228	29,7	17,2	364
4	29,0	15,0	456	30,4	18,8	288
5	31,0	12,2	504	28,0	17,6	384
6	30,8	13,6	516	25,0	14,8	356
7	27,7	18,0	192	29,0	11,8	652
8	30,7	16,9	448	34,3	13,4	572
9	24,8	10,8	576	27,3	19,0	260
10	22,1	14,6	276	24,8	18,2	152
11	27,2	13,6	576	30,0	18,0	284
12	29,8	12,0	520	29,4	18,7	292
13	33,8	13,0	528	28,8	18,6	552
14	34,2	13,6	524	32,8	19,0	484
15	35,0	13,7	528	28,0	17,3	552
16	36,0	13,3	452	30,8	17,7	208
17	36,4	19,5	408	23,0	15,7	224
18	25,8	14,8	492	27,8	15,4	620
19	26,2	11,3	616	28,8	12,0	628
20	29,8	12,4	528	31,8	13,8	596
21	28,7	16,8	544	26,0	19,0	496
22	29,0	15,8	568	26,0	17,4	312
23	30,6	14,5	544	26,7	11,5	552
24	31,5	17,7	268	30,6	11,0	612
25	31,8	19,8	496	33,4	14,5	572
26	27,8	12,8	604	33,0	17,8	588
27	30,6	9,0	578	35,2	17,8	544
28	34,7	13,2	544	36,5	19,2	472
29	32,2	19,6	500	31,4	19,8	556
30	32,0	14,0	592	31,6	16,8	640
31				33,8	14,5	628

(Continuação Apêndice 1)

Dia	JANEIRO/99			FEVEREIRO/99		
	Temperaturas (°C)		Radiação solar	Temperaturas (°C)		Radiação solar
	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²
1	27,8	18,7	512	33,4	19,3	592
2	33,4	12,2	568	30,2	17,5	524
3	31,8	18,8	632	33,6	14,0	572
4	34,0	19,2	448	28,2	19,0	272
5	31,2	19,6	584	28,6	21,4	328
6	28,8	19,3	496	34,0	18,7	520
7	27,0	18,8	476	33,4	22,2	196
8	29,4	19,2	564	27,8	18,5	196
9	33,0	17,3	552	26,4	18,3	272
10	30,6	19,2	600	29,5	14,0	540
11	29,8	18,7	364	27,7	15,8	528
12	27,0	19,2	456	30,0	14,2	568
13	32,2	19,0	548	32,8	18,3	276
14	27,0	19,7	200	30,0	19,2	508
15	27,4	16,4	636	29,8	17,6	544
16	29,8	12,3	596	30,0	20,7	276
17	33,3	16,7	572	29,0	20,3	428
18	37,3	20,8	476	30,8	18,3	528
19	36,0	21,7	392	30,7	18,0	556
20	35,0	21,2	544	32,0	17,7	508
21	35,8	20,8	520	31,2	21,0	536
22	34,0	21,7	344	31,8	21,4	536
23	34,2	22,8	540	31,6	19,0	384
24	37,8	21,7	508	32,4	22,0	360
25	37,7	23,0	428	31,0	19,8	456
26	31,8	22,4	476	31,0	18,1	404
27	32,4	18,7	600	31,7	20,2	504
28	28,8	19,3	280	32,8	21,0	480
29	33,0	21,5	312			
30	32,8	19,0	564			
31	33,2	20,3	568			

(Continuação Apêndice 1)

Dia	MARÇO/99			ABRIL/99		
	Temperaturas (°C)		Radiação solar	Temperaturas (°C)		Radiação solar
	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²
1	36,0	18,8	460	22,0	18,0	72
2	36,6	22,6	476	27,0	17,2	124
3	35,6	23,6	396	24,8	19,6	172
4	35,5	22,8	448	32,8	20,0	392
5	34,8	21,2	416	32,6	18,3	284
6	34,6	19,8	500	25,0	18,8	184
7	34,5	20,0	500	19,3	13,7	76
8	35,8	21,7	568	24,2	15,0	240
9	36,8	21,8	464	26,0	10,2	324
10	35,5	21,7	452	26,2	16,2	404
11	30,0	20,5	496	25,8	16,7	168
12	28,8	15,2	568	26,8	18,6	196
13	29,6	14,0	528	25,7	14,0	420
14	31,2	15,2	500	26,8	9,2	304
15	33,2	18,8	200	23,8	16,8	124
16	34,8	17,3	464	20,8	14,1	136
17	34,4	17,2	444	17,0	7,2	448
18	35,7	18,0	446	18,8	9,5	288
19	35,8	18,8	440	22,7	10,0	360
20	32,4	21,2	436	22,8	8,0	424
21	28,4	22,4	260	25,2	7,2	364
22	30,6	19,8	484	26,8	8,6	324
23	34,7	21,7	428	32,4	11,3	364
24	35,4	18,5	460	24,8	15,0	320
25	32,2	20,8	324	24,7	13,3	364
26	30,5	19,8	444	25,8	13,2	364
27	29,3	19,2	340	27,2	12,8	312
28	35,4	20,4	248	25,3	16,6	208
29	24,7	20,3	112	24,5	18,4	188
30	27,8	15,4	372	24,8	12,0	344
31	27,2	13,5	380			

APÊNDICE 2 - Temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar diária ocorridas durante o período experimental, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000

Dia	NOVEMBRO/99			DEZEMBRO/99		
	Temperaturas (°C)		Radiação solar	Temperaturas (°C)		Radiação solar
	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²
1	28,4	16,2	532	32,7	16,7	580
2	23,8	15,7	104	36,4	18,5	484
3	29,8	17,7	476	28,2	19,0	172
4	20,2	16,0	108	32,4	18,8	572
5	20,8	13,4	176	32,6	17,0	508
6	26,8	9,8	596	23,8	15,8	156
7	29,6	11,5	564	23,3	10,2	416
8	23,8	14,0	252	26,8	16,3	460
9	19,8	11,3	408	24,7	18,4	332
10	22,8	8,8	444	27,8	16,8	604
11	27,7	8,2	560	28,8	16,0	580
12	29,8	12,5	548	28,0	15,8	440
13	27,0	11,7	612	29,8	18,0	368
14	27,7	16,5	556	29,3	17,5	428
15	26,8	14,0	520	28,2	17,0	324
16	27,3	13,8	600	28,8	17,4	604
17	28,4	12,0	576	28,4	15,6	372
18	29,8	13,1	560	28,7	14,4	612
19	30,3	12,2	520	33,8	15,0	540
20	29,8	15,8	500	28,8	17,2	474
21	30,2	16,0	552	30,7	15,0	552
22	28,7	17,5	552	31,4	17,8	556
23	30,0	13,7	576	26,8	12,8	612
24	30,8	12,8	608	31,6	14,0	592
25	31,8	14,2	548	33,6	15,0	584
26	31,8	17,7	348	37,0	17,3	564
27	26,0	12,8	472	38,7	18,5	488
28	27,2	12,2	600	30,7	19,0	376
29	32,0	11,0	568	28,8	20,5	244
30	29,7	14,0	600	28,2	21,3	236
31				23,8	19,7	236

(Continuação Apêndice 2)

Dia	JANEIRO/00			FEVEREIRO/00		
	Temperaturas (°C)		Radiação solar	Temperaturas (°C)		Radiação solar
	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²
1	26,3	17,8	548	28,2	19,6	316
2	27,0	17,0	520	30,8	20,0	368
3	26,0	14,0	400	29,3	18,0	220
4	28,7	18,7	484	29,0	19,5	344
5	34,4	15,3	556	31,4	16,5	532
6	33,7	20,5	508	33,3	18,0	556
7	33,8	20,0	612	31,8	17,7	556
8	34,4	22,4	616	33,0	17,4	520
9	35,5	20,3	556	34,8	18,0	464
10	35,0	21,8	432	33,7	20,0	504
11	36,4	20,4	548	35,8	18,8	500
12	35,0	21,0	536	36,6	18,7	488
13	34,8	23,0	296	31,6	19,6	400
14	35,3	23,0	536	26,6	22,6	92
15	32,5	23,7	260	24,0	18,3	224
16	35,0	22,1	444	28,4	15,8	500
17	34,8	21,7	460	28,7	14,8	536
18	29,4	22,6	312	30,2	15,0	568
19	31,4	15,5	588	29,2	15,4	540
20	33,8	16,0	556	30,6	16,4	428
21	36,0	16,7	520	31,1	15,7	248
22	34,0	20,0	368	31,7	18,3	372
23	27,8	21,8	264	31,6	18,2	468
24	29,9	19,6	468	33,4	18,1	456
25	27,0	19,0	240	33,7	19,3	504
26	28,7	14,0	568	31,2	19,4	292
27	28,5	14,7	548	36,0	21,1	428
28	29,2	14,6	584	29,3	22,4	232
29	32,5	15,2	548	24,8	19,1	132
30	34,6	17,5	396			
31	27,8	20,6	160			

(Continuação Apêndice 2)

Dia	MARÇO/00			ABRIL/00		
	Temperaturas (°C)		Radiação solar Cal cm ⁻²	Temperaturas (°C)		Radiação solar Cal cm ⁻²
	Máxima	Mínima		Máxima	Mínima	
1	25,7	18,7	116	29,8	17,3	268
2	33,8	21,0	452	25,0	11,4	352
3	32,7	20,0	416	25,8	11,2	412
4	27,7	20,2	144	28,4	12,0	376
5	32,6	19,2	384	30,7	15,7	364
6	25,4	20,9	172	31,2	14,6	352
7	27,8	18,3	500	34,3	15,8	320
8	27,0	13,7	336	33,0	15,2	376
9	27,2	13,6	424	31,8	18,3	380
10	30,0	14,0	431	31,7	20,7	304
11	28,8	14,7	424	24,4	19,0	92
12	27,6	13,6	356	21,5	16,2	160
13	28,7	15,3	448	21,8	14,5	256
14	31,2	15,4	360	24,8	14,0	392
15	32,5	18,7	352	25,6	10,3	384
16	33,0	16,6	408	25,5	13,5	312
17	30,7	19,6	368	20,8	17,4	56
18	27,6	14,4	380	26,0	16,0	248
19	27,7	10,4	484	25,3	17,7	384
20	29,3	12,0	464	24,6	16,5	200
21	28,8	12,5	300	23,8	15,6	224
22	28,3	18,6	292	24,7	11,4	376
23	32,8	20,5	396	27,0	9,0	388
24	26,8	18,2	260	29,8	10,3	372
25	27,4	12,6	440	29,0	10,7	368
26	30,8	11,9	380	33,0	13,4	340
27	26,6	18,0	184	32,7	13,8	316
28	23,7	15,4	428	25,4	15,2	104
29	24,6	9,5	380	26,8	15,3	304
30	28,8	15,2	380	32,4	15,0	312
31	25,5	17,6	168			

APÊNDICE 3 – Resumo da análise de variância para a variável população inicial de plantas, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
		População inicial de plantas
Blocos	2	
Densidade (D)	3	92667,000*
Cultivar (C)	1	8066,667*
D x C	3	449,444
Erro	14	939,875
Total	23	
CV (%)		10,6

* Diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade.

APÊNDICE 4 – Resumo da análise de variância para variáveis avaliadas no arroz, EEA/RGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99.

Quadrados médios

Causas de variação	GL	Quadrados médios					
		Afilhos por planta	Rendimento de massa seca – DPP ¹	Colmos férteis	Colmos inférteis e/ou mortos	Panículas por planta	Grãos formados por planta
Blocos	2						
Densidade (D)	3	9,863*	0,031*	91,486	90,510	11,076*	125728,260*
Cultivar (C)	1	3,643*	0,441*	485,100*	508,760*	3,010*	10007,510
Nitrogênio (N)	3	1,625*	0,034*	1186,012*	1203,038*	0,515	5906,816*
D x C	3	0,645	0,005	96,212	96,010	0,154	1086,010
D x N	9	0,163	0,004	147,864	148,177	0,208	2918,168
C x N	3	0,987	0,002	161,922	154,927	0,913*	8392,288*
D x C x N	9	0,264	0,013*	51,602	51,399	0,634*	7069,344*
Erro	62	0,543	0,004	112,371	112,343	0,190	1745,925
Total	95						
CV (%)		47,4	13,1	12,6	66,7	23,9	31,6

* Diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade;

¹ Diferenciação do primórdio da panícula.

(Continuação Apêndice 4)

Quadrados médios

Causas de variação	GL	Quantidade de		Eficiência de uso de N - DPP	Rendimento de grãos	Número de panículas por área	Número de grãos formados por panícula	Peso de 1.000 grãos	Esterilidade de espiguetas
		N acumulado - DPP ¹	DPP						
Blocos	2								
Densidade (D)	3	8,841*	277,207*	0,597	124430,264*	2726,149*	0,0003	0,455	
Cultivar (C)	1	37,901*	817,017*	27,413*	24066,667*	2593,760*	0,0104	65,010*	
Nitrogênio (N)	3	21,021*	1468,786*	20,887*	9557,375	505,622*	0,9269*	20,455	
D x C	3	2,118	137,576	0,275	8315,222	30,316	0,0001	7,677	
D x N	9	1,969*	231,982*	0,308	5768,301	56,844	0,0593	3,955	
C x N	3	1,696	91,759	2,341*	3334,778	5,344	0,9223*	8,288	
D x C x N	9	2,951*	79,768	0,406	2853,185	168,492	0,0591	7,622	
Erro	62	0,837	51,648	0,340	4311,542	108,526	0,0839	7,766	
Total	95								
CV (%)		15,6	8,7	8,0	14,7	15,0	1,1	37,6	

* Diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade;

¹ Diferenciação do primórdio da panícula.

APÊNDICE 5 – Resumo da análise de variância para a variável população inicial de plantas, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
		População inicial de plantas
Blocos	3	
Densidade (D)	3	144459,281*
Cultivar (C)	1	6077,531*
D x C	3	1124,365
Erro	21	793,983
Total	31	
CV (%)		8,9

* Diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade.

APÊNDICE 6 – Resumo da análise de variância para variáveis avaliadas no arroz, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1999/2000.

Quadrados médios

Causas de variação	GL	Afilhos por planta		Rendimento de massa seca - DPP ¹		Rendimento de massa seca – florescimento		Colmos férteis		Colmos inférteis e/ou mortos		Paniculas por planta		Grãos formados por planta		Índice de colheita
		seca	DPP ¹	seca	DPP ¹	seca	florescimento	Colmos férteis	Colmos inférteis e/ou mortos	por planta	formados por planta					
Blocos	3															
Densidade (D)	3	17,936*	0,089*	0,110*	13,688	14,365	15,834*	130103,813*	0,0014							
Cultivar (C)	1	5,363*	0,503*	1,668*	612,500*	621,281*	8,050*	20961,281*	0,0006							
Nitrogênio (N)	3	0,676*	0,011	0,023	34,313	33,677	0,424	6035,896*	0,0005							
D x C	3	1,424*	0,027*	0,035	92,729	93,865	0,894*	6151,468*	0,0002							
D x N	9	0,558*	0,007	0,007	33,403	34,038	0,377	4232,958*	0,0003							
C x N	3	0,529	0,011	0,071*	18,938	19,094	0,320	1685,302	0,0010							
D x C x N	9	0,486*	0,007	0,011	60,028	60,955	0,339	3790,628*	0,0008							
Erro	93	0,230	0,007	0,020	87,583	87,496	0,218	1412,371	0,0007							
Total	127															
CV (%)		50,6	18,3	15,0	10,1	123,9	25,4	29,3	5,0							

* Diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5 % de probabilidade;

¹ Diferenciação do primórdio da panícula.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar diária ocorridas durante o período experimental, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS, 1998/99

Dia	NOVEMBRO/98			DEZEMBRO/98		
	Temperaturas (°C)		Radiação solar	Temperaturas (°C)		Radiação solar
	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²	Máxima	Mínima	Cal cm ⁻²
1	23,8	7,8	620	33,5	13,8	588
2	24,8	7,3	572	34,8	13,7	552
3	23,7	11,3	228	29,7	17,2	364
4	29,0	15,0	456	30,4	18,8	288
5	31,0	12,2	504	28,0	17,6	384
6	30,8	13,6	516	25,0	14,8	356
7	27,7	18,0	192	29,0	11,8	652
8	30,7	16,9	448	34,3	13,4	572
9	24,8	10,8	576	27,3	19,0	260
10	22,1	14,6	276	24,8	18,2	152
11	27,2	13,6	576	30,0	18,0	284
12	29,8	12,0	520	29,4	18,7	292
13	33,8	13,0	528	28,8	18,6	552
14	34,2	13,6	524	32,8	19,0	484
15	35,0	13,7	528	28,0	17,3	552
16	36,0	13,3	452	30,8	17,7	208
17	36,4	19,5	408	23,0	15,7	224
18	25,8	14,8	492	27,8	15,4	620
19	26,2	11,3	616	28,8	12,0	628
20	29,8	12,4	528	31,8	13,8	596
21	28,7	16,8	544	26,0	19,0	496
22	29,0	15,8	568	26,0	17,4	312
23	30,6	14,5	544	26,7	11,5	552
24	31,5	17,7	268	30,6	11,0	612
25	31,8	19,8	496	33,4	14,5	572
26	27,8	12,8	604	33,0	17,8	588
27	30,6	9,0	578	35,2	17,8	544
28	34,7	13,2	544	36,5	19,2	472
29	32,2	19,6	500	31,4	19,8	556
30	32,0	14,0	592	31,6	16,8	640
31				33,8	14,5	628

Quadrados médios

Causas de variação	GL	Quantidade de N		EUN ² - DPP	EUN - florescimento	EUN - grãos	Rendimento de grãos	Número de panículas por área	Número de grãos formados por panícula	Peso de 1.000 espiguetas	Esterilidade de
		acumulado - DPP ¹	acumulado - florescimento								
Blocos	3										
Densidade (D)	3	34,789*	11,763	374,0	265,550	56,7	3,537	107710,7*	1595,448*	0,66*	36,987
Cultivar (C)	1	53,380*	60,157*	1335,7*	4097,614*	350,4*	40,951*	105111,1*	1770,125*	68,88*	122,070*
Nitrogênio (N)	3	2,558	10,168	168,6	468,266	436,6*	2,576	6140,9	196,552	0,40	1,862
D x C	3	8,532	5,980	94,5	38,660	17,7	1,359	3162,7	20,708	0,14	1,841
D x N	9	4,421	1,829	110,4	241,134	55,3	1,948	2293,4	92,635	0,34	20,563
C x N	3	8,315	13,040	309,3	231,708	146,3	0,938	7167,5	110,354	0,09	2,466
D x C x N	9	3,542	3,576	154,3	127,295	58,9	0,900	8827,7*	122,104	0,24	14,181
Erro	93	5,039	7,579	155,1	289,317	82,6	1,312	4000,3	74,900	0,22	18,763
Total	127										
CV (%)		32,7	27,4	18,4	17,5	10,6	15,0	13,0	12,8	1,7	46,9

* Diferença significativa pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade;

¹ Diferenciação do primórdio da panícula;

² Eficiência de uso de nitrogênio.

APÊNDICE 7 – Laudos de análise da água de irrigação utilizada no experimento nas estações de crescimento de 1998/99 e de 1999/2000, EEA/IRGA, Cachoeirinha, RS.

UFRGS – FACULDADE DE AGRONOMIA – DEPARTAMENTO DE SOLOS

LABORATÓRIO DE ANÁLISES

LAUDO DE ANÁLISE
(Média de 2 determinações)

NOME: Prof. Paulo Régis/Dirceu

MUN.: Cachoeirinha

EST.: RS

DATA: 11/02/99

Nº DE REG.: Água-012/99

MATERIAL: Água de irrigação

Determinações	Amostra	
	01 – entrada	02 – saída
Nitrogênio total - mg/L	18,2	2,6

Eng. Agr. Clesio Gianello
CREA 8a. Reg. 25.642
Responsável pelo Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISE
(Média de 2 determinações)

NOME: IRGA

MUN.: Cachoeirinha

EST.: RS

DATA: 08/02/00

Nº DE REG.: Água-001/2000

MATERIAL: Água entrada do canal principal

Determinações	Amostra
	02
NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ - mg/L	18,0
NH ₄ ⁺ - mg/L	0,9

Eng. Agr. Clesio Gianello
CREA 8a. Reg. 25.642
Responsável pelo Laboratório de Análises

VITA

Carlos Henrique Paim Mariot, filho de Cesar Mariot e de Maria Paim Mariot, nasceu em 8 de fevereiro de 1972, no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Realizou os estudos de primeiro e segundo graus no Colégio Agrícola Daniel de Oliveira Paiva em Cachoeirinha, RS.

Em 1993 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), graduando-se Engenheiro Agrônomo em 13 de março de 1999.

No período de dezembro de 1993 a fevereiro de 1999 desenvolveu atividades como bolsista de iniciação científica do Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS, com bolsa da FAPERGS, sob orientação do professor Paulo Regis Ferreira da Silva.

Em março de 1999 iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia da UFRGS, no Departamento de Plantas de Lavoura na área de fisiologia e manejo da cultura de arroz, sob orientação do professor Paulo Regis Ferreira da Silva.

Em outubro de 2000 iniciou atividades na Divisão de Pesquisa do Instituto Rio-Grandense do Arroz, atuando como pesquisador da equipe de fitotecnia, na área de agroclimatologia.

É membro da Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado.