

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

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO ESPIGAMENTO EM DOIS HÍBRIDOS DE MILHO  
E TRÊS NÍVEIS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO PERÍODO VEGETATIVO**

Rúbia Patrícia da Silva Coser  
Engenheira Agrônoma/UDESC

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

Porto Alegre (RS), Brasil  
Fevereiro, 2003

RÚBIA PATRÍCIA DA SILVA COSER  
Engenheira Agrônoma - UDESC

## **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: 07.02.2003  
Pela Banca Examinadora

Homologado em:

PAULO REGIS FERRREIRA DA SILVA  
Orientador-PPG - Fitotecnia

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

JOSÉ ANTONIO COSTA, PhD.  
PPG-Fitotecnia

CIMÉLIO BAYER, PhD.  
PPG-Ciência do solo

LUÍS SANGOI, PhD  
UDESC-LAGES/SC

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN  
Diretor da Faculdade de Agronomia

**Dedico este trabalho ao Senhor  
Enio Marim, pela sua existência  
e atitude ao acompanhar,  
acreditar e confiar, sempre.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida.

À Odete Cozer e Reni Cozer, meus pais, pelo incentivo conforto e carinho.

Ao Sr. Enio Marim, meu segundo pai e exemplo de credibilidade e confiança, em especial, por todo amor.

Ao PhD. e Professor Paulo Regis Ferreira da Silva, meu orientador e amigo, por ter transmitido com dedicação, paciência e grande sabedoria os conhecimentos científicos para a elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Gilber Argenta, meu amigo, pelo estímulo e colaboração para os conhecimentos científicos deste trabalho.

Ao PhD. e Professor Luis Sangoi, meu orientador no trabalho de conclusão de Graduação, por nos ter apresentado ao Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A todos os professores do Departamento de Plantas de Lavoura e dos demais departamentos da Faculdade de Agronomia pelos seminários, aulas e avaliações realizado para obtenção do título de mestre em Fitotecnia.

Aos bolsistas de iniciação científica Elias Suhre, Leandro Leonardo Teichmann e Mércio Luiz Strieder e ao colega de mestrado Everton Leonardo Forsthofer e de doutorado Lisandro Rambo pelo auxílio na condução do experimento a campo e em laboratório.

Aos funcionários da EEA e do Departamento de Plantas de Lavoura, pela colaboração na execução do experimento.

Ao CNPq, pelo apoio concedido.

Ao Cícero Carlos, meu amigo, por toda ajuda, amizade e coleguismo nas aulas e intermináveis análises estatísticas.

À Andréia Oster, Paula Menna Barreto, Danielle Serafim e Janice Leivas, minhas amigas, pelos dias de convivência em aulas, no cafezinho e dentro e fora da biblioteca.

A Cassiano Eduardo Pinto, Junior Fontoura e Henrique Ribeiro Filho, meus amigos e meio irmãos pela convivência.

A Bianca Neppel, José Henrique Cozer e Douglas Cozer, meus irmãos pelo incentivo.

Ao Marcelo Adams, meu namorado, pelo carinho e compreensão nestes dois anos de estudo.

A Dayse Adams e seus filhos Aline e Diego, meus amigos e familiares, por terem generosamente me recebido em sua casa.

Ao cultivo do alimento que vem da terra, meu trabalho, por toda força desta vida.

# ADUBAÇÃO NITROGENADA NO ESPIGAMENTO EM DOIS HÍBRIDOS DE MILHO E TRÊS NÍVEIS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO PERÍODO VEGETATIVO<sup>1</sup>

Autor: Rúbia Patrícia da Silva Coser

Orientador: Prof. Paulo Regis Ferreira da Silva

## RESUMO

Nos híbridos de milho liberados nas últimas duas décadas tem-se constatado maior absorção de nitrogênio (N) após o espigamento em relação aos mais antigos. Assim, é importante garantir um adequado suprimento de N durante o enchimento de grãos, já que estão sendo definidos o número de grãos por espiga e o peso do grão. Com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de N no espigamento sobre o rendimento de grãos e outras características agronômicas de um híbrido liberado para cultivo no início da década de 80 (Agroceres 303) e outro, em meados da década de 90 (Pioneer 32R21) foi realizado um trabalho a campo em Eldorado do Sul-RS, no ano agrícola de 2001/2002. Os tratamentos consistiram de dois híbridos, três níveis de N aplicados no período vegetativo (30, 80 e 130 kg/ha) e três no espigamento (0, 50 e 100 kg/ha). Em todos os tratamentos foi aplicado 30 kg/ha de N por ocasião da emergência das plântulas. A aplicação de N no período vegetativo nos níveis intermediário e alto) foi fracionada em três épocas, enquanto a aplicação de N no espigamento foi realizada numa só vez quando 75% das plantas apresentavam estigmas visíveis. A resposta do rendimento de grãos à aplicação de N no espigamento aumentou à medida que aumentou a deficiência de N no período vegetativo, sendo maior no híbrido Pioneer 32R21. O aumento do rendimento de grãos com a aplicação de N no espigamento foi devido ao incremento do número de espigas por metro quadrado e ao peso do grão e, no tratamento com maior deficiência de N no vegetativo, também ao incremento no número de grãos por metro quadrado. Os dois híbridos absorveram o N aplicado no espigamento uma vez que houve maior acúmulo de N na massa seca total da parte aérea e nos grãos em relação ao tratamento sem aplicação de N. A adubação nitrogenada no espigamento aumentou o teor de proteína nos grãos, especialmente no Agroceres 303.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil. ( 100 p.) Fevereiro , 2003.

# **NITROGEN FERTILIZATION AT SILKING OF TWO MAIZE HYBRIDS AT THREE NITROGEN LEVELS APLIED DURING THE VEGETATIVE PERIOD<sup>1</sup>.**

Author: Rúbia Patricia da Silva Coser  
Adviser: Prof. Paulo Regis Ferreira da Silva

## **ABSTRACT**

Maize hybrids released in the loast 20 years have shown higher N uptake after silking than hybrids used in the past. Therefore, it is important to guarantee an adequate supply of nitrogen during grain filling, since the number of grains per ear and their weight are being determined at this growth stage. Aiming to evaluate the effect of nitrogen fertilization on the ear formation of an old hybrid commercially released in the 80's (Agroceres 303) and of a modern one, commercially released the released in the middle of 90's (Pioneer 32R21), a field work was performed during the growing season of 2001/2002, in Eldorado do Sul/RS, Brazil. The treatments were composed of two hybrids, three levels of nitrogen applied on the vegetative period (30, 80 and 130 kg/ha) and three levels applied on silking (0, 50 and 100 kg/ha). In all treatments, it was applied 30 kg/ha of N at emergency. The application of N during the vegetative period was splitted in three growth stages and at silking in was applied when 75% of the plants presented visible silks. Grain yield response to N application at silking increased as the degree of N deficiency during vegetative period increased and it was higher in Pioneer 32R21 hybrid. Increased grain yield promoted by N fertilization at silking was mainly due to the increase in ear number per square metre and grain weight and to an increase in the number of grain per ear in the treatments with a higher N deficiency during the vegetative period. Nitrogen fertilization at silking increased the grain protein level, especially for the hybrid Agroceres 303.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (100 p.) February, 2003.

## SUMÁRIO

	Páginas
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo geral.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Local de execução.....	17
3.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	18
3.3 Procedimento experimental.....	20
3.4 Determinações.....	21
Aveia preta	
3.4.1 Rendimento de massa seca na parte aérea.....	21
Milho	
3.4.1 Fenologia da cultura.....	22
3.4.2 Rendimento de grãos.....	22
3.4.3 Componentes do rendimento.....	22
3.4.4 Teor e acúmulo de N nos grãos.....	23
3.4.5 Teor de proteína nos grãos.....	23
3.4.6 Índice de colheita.....	23
3.4.7 Acúmulo de massa seca total na parte aérea da planta.....	23
3.4.8 Teor e acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea da planta.....	24
3.4.9 Acúmulo de massa seca na parte vegetativa da planta.....	24
3.4.10 Massa seca dos grãos.....	25
3.5 Análise estatística.....	25
4. RESULTADOS.....	26
4.1 Rendimento de grãos.....	26
4.2 Componentes do rendimento.....	28
4.3 N acumulado nos grãos.....	32
4.4 Teor proteína nos grãos.....	40
4.5 Índice de colheita.....	40
4.6 Massa seca total na parte aérea.....	43
4.7 Quantidade de N acumulado na parte aérea.....	50



4.8 Massa seca na parte vegetativa.....	53
4.9 Massa seca acumulada dos grãos.....	54
5.DISSCUSSÃO.....	60
6. CONCLUSÕES.....	70
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
8. APÊNDICES.....	79

## RELAÇÃO DE TABELAS

	<b>Páginas</b>
1. Laudo da análise de solo antes da instalação do experimento conduzido em Eldorado do Sul-RS, 2001.....	17
2. Níveis e épocas de aplicação de N no experimento conduzido na EEA, UFRGS, Eldorado do Sul-RS,2001.....	19

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Páginas
1. Rendimento de grãos de milho em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21). Eldorado do Sul-RS, 2001.....	27
2. Rendimento de grãos de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	29
3. Número de espigas por metro quadrado em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	30
4. Número de espigas por metro quadrado de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	31
5. Número de grãos por metro quadrado em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	33
6. Número de grãos por metro quadrado de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, Eldorado do Sul-RS, 2001.....	34

7.	Peso do grão em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	35
8.	Peso do grão em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis da adubação nitrogenada aplicada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	36
..	..	
9.	Quantidade de nitrogênio (N) acumulado nos grãos em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho. Eldorado do Sul-RS 2001. ....	37
10.	Quantidade de nitrogênio (N) acumulado nos grãos de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	39
11.	Teor de proteína nos grãos de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	41
12.	Teor de proteína nos grãos em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento.....	42
13.	Índice de colheita em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32 R21) de milho. Eldorado do Sul-RS , 2001.....	45
14.	Índice de colheita de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	46

15. Evolução do acúmulo de massa seca total da parte aérea durante o período de formação e enchimento de grãos em função de níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo Eldorado do Sul-RS, 2001.....	47
16. Evolução do acúmulo de massa seca total na parte aérea da planta durante o período de formação e enchimento de grãos em função de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	48
17. Evolução do acúmulo de massa seca total da parte aérea da planta durante o período de formação e enchimento de grãos em um híbrido antigo (Agroceres 303) e um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	49
18. Evolução do acúmulo de N na parte aérea durante o período de formação e enchimento de grãos em função de níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo Eldorado do Sul-RS, 2001 .....	51
19. Evolução do acúmulo de N na parte aérea de A) de um híbrido antigo (Agroceres 303) e B) de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho durante o período de formação e enchimento de grãos em função de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	52
20. Evolução da massa seca da parte vegetativa durante o período de formação e enchimento de grãos em função de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de N adubação nitrogenada aplicada no espigamento Eldorado do Sul-RS, 2001.....	55
21. Evolução do acúmulo de massa seca da parte vegetativa durante o período de formação e enchimento de grãos em função de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	56

22. Massa seca de grãos em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agrocerec 303) e um moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e de três épocas de amostragem: (30, 45 e 60 dias após o espigamento). Eldorado do Sul-RS 2001.....	57
23. Evolução do acúmulo de massa seca nos grãos no período entre 30 a 60 dias após o espigamento em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agrocerec 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	58
24. Evolução do acúmulo de massa seca nos grãos no período entre 30 a 60 dias após o espigamento de um híbrido antigo (Agrocerec 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.....	59

## 1. INTRODUÇÃO

O método de adubação nitrogenada recomendado para o milho no estado do Rio Grande do Sul preconiza a aplicação de 10 a 30 kg/ha de N na semeadura e o restante em cobertura, quando a planta atinge 40 a 60 cm de estatura (Comissão de Fertilidade do solo - RS/SC, 1995). Segundo esta recomendação, sob condições de precipitação pluvial intensa a adubação de cobertura pode ser parcelada, sendo a primeira na época indicada anteriormente e a segunda realizada até o pendoamento. No caso de haver baixa disponibilidade de água no solo até este estágio, a adubação de cobertura pode ser suprimida.

Um dos objetivos de fornecer N quando a planta atinge 40 a 60 cm de estatura, é estimular a formação de maior número de espiguetas e de grãos por espiga, isto porque quando a planta esta com 7 a 8 folhas expandidas, está sendo diferenciado o número potencial de espiguetas da espiga (Noldin, 1985). Além do adequado suprimento neste estágio, o contínuo fornecimento de N durante todo o ciclo de desenvolvimento de planta é necessário para otimização do rendimento de grãos. Se há deficiência de N quando a planta está com estatura em torno de 20 cm, reduz-se o crescimento inicial da planta (Schreiber et al., 1998). A deficiência de N no período reprodutivo também pode aumentar a percentagem de aborto de espiguetas na espiga e reduzir a duração do período de enchimento

de grãos. Os grãos têm o início de sua fase linear do acúmulo de massa seca nos grãos cerca de 15 dias após o espigamento (Andrade et al. 1999). Desta forma, a deficiência de N durante o período de formação e enchimento de grãos reduz a demanda por fotoassimilados e o seu acúmulo na massa seca, processos que são críticos para a fixação dos grãos. Nos genótipos de alto potencial produtivo isto é mais crítico devido a sua maior necessidade de fotoassimilados para atender o seu maior número e tamanho de grãos (Jones et. al., 1996).

Nos genótipos liberados mais recentemente, os programas de melhoramento genético introduziram algumas alterações nas características morfológicas das plantas, tais como maior sincronia entre pendoamento e espigamento, menor número e ângulo de folhas e arquitetura de planta mais compacta. Além disso, algumas alterações fisiológicas também ocorreram nestes híbridos, como maior tolerância à limitação de N no período vegetativo e maior equilíbrio entre o fornecimento e a demanda dos grãos por fotoassimilados (McCullough et al., 1994; Jones et. al., 1996). Estas características contribuem para o maior número de grãos por espiga e tamanho dos grãos são detectados nos híbridos liberados comercialmente nas últimas décadas. Nesse sentido, é possível que haja maior resposta dos híbridos liberados mais recentemente ao aproveitamento de N durante o período compreendido entre a fertilização e o início do período de maior acúmulo de massa seca nos grãos (15 dias após o espigamento) para garantir a maior fixação dos mesmos e seu maior enchimento.

Para atender esta demanda, a aplicação da adubação nitrogenada no espigamento pode fornecer a quantia necessária deste nutriente no período de enchimento de grãos. Além disso, a aplicação tardia de N (no espigamento) ocasionados por uma deficiência severa de N no período vegetativo, pode



recuperar parcialmente os prejuízos sobre o rendimento de grãos. Outra situação em que pode se justificar a aplicação de N no espigamento é quando ocorre adequado aplicação de N no vegetativo, mas há ocorrência de precipitação pluvial intensa, ou sob irrigação, situações que ocasionam altas perdas deste nutriente por lixiviação. Neste sentido, o conhecimento do efeito da adubação de N no espigamento na cultura do milho propiciará recomendações mais precisas sobre a adubação nitrogenada.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivos:

### **1. 1. Objetivo geral**

- Desenvolver estratégia de manejo da adubação nitrogenada em milho para maior eficiência agronomica e menor impacto ambiental com a sua aplicação.

### **1. 2. Objetivos específicos**

- Avaliar a resposta do rendimento de grãos e de seus componentes de dois híbridos de milho liberados comercialmente em diferentes décadas à aplicação tardia (espigamento) da adubação nitrogenada em cobertura, sob três níveis de aplicação deste nutriente à planta no período vegetativo.
- Determinar os efeitos da aplicação tardia da adubação nitrogenada sobre o acúmulo de nitrogênio e de massa seca na parte vegetativa da planta e nos grãos em dois híbridos de milho, sob três níveis de aplicação de N no período vegetativo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apesar de ser o terceiro maior produtor mundial de milho, o Brasil produz quantidade insuficiente para atender às suas necessidades internas. A produtividade nacional oscila muito em função das variações nas formas de produção, determinadas por diferenças de solo, clima e de sistemas tecnológicos empregados (Bisotto, 2001).

No estado do Rio Grande do Sul, o milho participa com cerca de 25% da produção de grãos de verão, com rendimento médio de 2392 kg/ha no período de 1986 a 2001 (IBGE, 2002). Novas práticas de manejo vêm sendo empregadas para elevar a produtividade de grãos. Dentre elas, destacam-se o adequado fornecimento de nutrientes às plantas, especialmente de nitrogênio, e a adoção do sistema de semeadura direta (SSD) (Argenta, 2001).

O nitrogênio (N) é um dos elementos essenciais para as plantas. A sua absorção e assimilação pelas plantas, resulta na conversão de assimilados em massa seca e afeta a produtividade na cultura do milho. É o nutriente que mais limita a produção de massa seca pela planta e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (Muzilli & Oliveira, 1992). A importância do adequado suprimento de N às plantas está associada ao fato deste nutriente ser constituinte

de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos, fitocromos e da clorofila (Cantarella, 1993). Além disto, a sua disponibilidade no solo afeta as taxas de iniciação e expansão foliar, o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas (Schröder et al., 2000). Portanto, a limitação da sua disponibilidade constitui-se em uma das causas mais determinantes da redução de rendimento de grãos, por ser o nutriente absorvido em maior quantidade e por apresentar uma dinâmica muito complexa no solo (Ceretta, 1998).

A determinação do rendimento de grãos em milho é um processo seqüencial em que primeiro é determinado o número de espigas por planta, seguido pelo número de grãos e pela massa do grão. Desta forma, o contínuo fornecimento de N durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta é de fundamental importância para otimização do rendimento de grãos.

Se há deficiência de N quando a planta está com estatura em torno de 20 cm, reduz-se o crescimento inicial da planta (Schreiber et al., 1998). Outro estágio crítico à deficiência de N é por ocasião da diferenciação da gema axilar superior (espiga), localizada entre o sexto e o sétimo nós abaixo do meristema apical. A diferenciação da espiga ocorre após a diferenciação do pendão, estando as plantas com 7 a 8 folhas expandidas, uma vez que está sendo diferenciado o número potencial de espiguetas da espiga (Noldin, 1985). A deficiência de N pode aumentar a percentagem de aborto de espiguetas na espiga e reduzir a duração do período de enchimento de grãos. O peso do grão é determinado neste período e este associado ao acúmulo de N e à quantidade de radiação solar interceptada no espigamento e, conseqüentemente, ao suprimento de assimilados para o seu desenvolvimento (Dwyer & Tollenaar, 1989; Dwyer et al., 1991 a; McCullough et al., 1994). A deficiência de N durante o período reprodutivo prejudica a demanda

por fotoassimilados e o acúmulo de massa seca nos grãos, os quais são críticos para fixação de grãos. Segundo Andrade et al. (1999), o número de grãos produzidos por área é o componente mais importante do rendimento final. Desta forma, o fornecimento de N em quantidades suficientes para suprir às necessidades das plantas nos diferentes estádios de desenvolvimento é importante para aumentar a eficiência de uso deste nutriente e para potencializar a expressão do rendimento de grãos.

A eficiência de uso de N pelas plantas depende do ambiente. Ambientes em que ocorrem elevadas precipitações pluviais, estão mais propensos à lixiviação de nitrato. Este processo é influenciado diretamente pelos fatores que determinam o fluxo de água no solo (Ernani, 1999) e pela concentração de nitrato na água lixiviada (White, 1987). Neste sentido, quanto maior for a dose de N aplicada maior é a perda por lixiviação, já que o nitrato não é adsorvido ao solo. Isto ocorre mesmo se a fonte nitrogenada utilizada for a amoniacal, pois ela também seria rapidamente transformada em nitrato. As perdas de nitrato do solo também podem ser responsáveis pela contaminação de aquíferos (Mahler et al., 1994). Desta forma, a maximização do aproveitamento do uso de N em um sistema de manejo de culturas também tem importância no aspecto ambiental.

Uma das maneiras de se reduzir a perda de N do solo por lixiviação é aplicar-se parte da adubação nitrogenada recomendada em estádios mais avançados de desenvolvimento da planta de milho (a partir do estágio de 6 a 8 folhas expandidas) em que o sistema radicular está mais desenvolvido e a capacidade de absorção de nutriente pela planta é maior (Mundstock & Silva, 1989). Especialmente em situações com elevada precipitação pluvial, o parcelamento da aplicação de N pode aumentar a eficiência de uso de N pelas

plantas, pois diminui as perdas potenciais que podem ocorrer, devidas ao menor tempo de exposição deste nutriente aos fatores ambientais adversos.

Em alguns trabalhos têm sido observadas diferenças entre a aplicação parcelada, sendo parte na semeadura e parte em cobertura, e a aplicação única de adubação nitrogenada em pré-semeadura no sistema de semeadura direta (Bortolini, 2000; Basso & Ceretta, 2000; Ceretta et al., 2002). Existe variabilidade de resposta decorrente das condições meteorológicas durante a estação de crescimento, sendo a adubação nitrogenada parcelada mais segura em condições adversas de clima (Bortolini, 2000; Basso & Ceretta, 2000). A aplicação da adubação nitrogenada única em pré-semeadura permite maior arranque inicial da planta de milho sem, no entanto, se refletir em aumento de rendimento de grãos (Ceretta et al., 2002). De maneira geral, nos três trabalhos citados anteriormente foi observado que a aplicação de N em pré-semeadura é uma atitude de risco, sendo mais segura a aplicação parte na semeadura e parte em cobertura.

Os solos do Rio Grande do Sul têm, na sua maioria, limitada liberação de N ao longo do desenvolvimento da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.) (Wamser, 2002). Na família das Poáceas esta limitação deve-se ao baixo teor de matéria orgânica e, no caso do milho, ao fato da semeadura ser geralmente realizada em sucessão à aveia preta (*Avena strigosa*), em sistema de semeadura direta. Estes dois aspectos contribuem para restringir a capacidade do solo em liberar a quantia de nitrogênio exigida para crescimento e desenvolvimento das plantas. Por causa disto, outras fontes de suprimento de N como fertilizantes nitrogenados são necessárias para aumentar a quantidade de nitrogênio no solo e suprir as exigências da cultura. No entanto, ocorre partição do nitrogênio disponível do solo entre as plantas, o solo e a atmosfera. Aproximadamente , 50

% do N suplementado através de fertilizante nitrogenado é utilizado pela planta (Amado, 1997). Uma fração do N é perdida por volatilização de amônia com aplicações superficiais de uréia, parte é imobilizada temporariamente pela fauna microbiana do solo e parte é perdida por lixiviação.

A elevada quantidade de fertilizante nitrogenado necessário para obtenção de altos rendimentos de grãos aumenta os custos da lavoura de milho, sendo muitas vezes fator limitante para sua utilização. Segundo Power (1987), a previsão da quantidade total de N estimada para atender à demanda agrícola mundial no ano de 2000 seria de aproximadamente 250 milhões de toneladas métricas, das quais entre 110 a 160 milhões poderiam ser atendidas pelo uso de fertilizantes. No caso da cultura do milho, os híbridos liberados comercialmente nas últimas décadas foram desenvolvidos sob altas doses de N durante o ciclo de seleção (Sangoi et al., 2001). Segundo estes autores, este fato pode ter determinado o lançamento de genótipos que apresentem consumo de luxo ou que requeiram altas doses deste nutriente para expressar o seu potencial produtivo. Portanto, a acentuada dependência da produção agrícola do fertilizante nitrogenado mineral coloca em dúvida a sustentabilidade da agricultura, uma vez que quase todo fertilizante químico é derivado de gás natural (Amado, 1997). É importante por tratar-se de uma fonte finita e sujeita a flutuações de preços e por seu processo de obtenção requerer elevado consumo energético (Power, 1987). Devido a isso, busca-se cada vez mais a maximização da eficiência de uso da adubação nitrogenada pelas plantas nos sistemas agrícolas.

O método de adubação nitrogenada recomendado para o milho no estado do Rio Grande do Sul preconiza a aplicação de 10 a 30 kg/ha de N na semeadura, dependendo do sistema de cultivo utilizado, e o restante em cobertura, quando a

planta atinge 40 a 60 cm de estatura (Comissão de Fertilidade do solo - RS/SC, 1995). Segundo esta recomendação, sob condição de precipitação pluvial intensa, a adubação de cobertura pode ser parcelada, sendo a primeira aplicação feita na época indicada anteriormente e a segunda até o pendoamento. No caso de haver baixa disponibilidade de água para o desenvolvimento da planta, a adubação de cobertura deve ser retardada até que a deficiência hídrica seja suprimida, podendo até não ser realizada.

A aplicação de N em cobertura também como objetivo estimular a formação do maior número de espiguetas e de grãos por espiga (Programa..., 1999). Os genótipos de alto potencial produtivo liberados para cultivo nas últimas décadas são mais dependentes de N durante o enchimento de grãos do que os cultivados em décadas anteriores (Jones et al., 1996) devido aos seus maiores tamanho e número de grãos (Andrade et al., 1999). Desta forma a recomendação de se aplicar adubação nitrogenada quando as plantas estão com 40 a 60 cm de estatura pode não estar suprindo a fase de demanda de enchimento dos grãos por este nutriente, que segundo Andrade et. Al. (1999) a fase linear de acúmulo de massa seca dos grãos tem início 15 dias após o espigamento.

Os programas de melhoramento genético de milho nas últimas duas décadas têm utilizado altas doses de N para eliminar este nutriente como uma variável restritiva ao desenvolvimento dos futuros híbridos e linhagens. Paralelamente a isto eles introduziram algumas características morfológicas nas plantas dos híbridos, tais como, arquitetura mais compacta de planta, redução no ângulo de inserção de folhas, no peso do pendão e no intervalo entre pendoamento e espigamento e incremento no índice de colheita (Duvick & Cassman, 1999). Por sua vez, estas mudanças morfofisiológicas desencadearam

alterações fisiológicas nestes genótipos, como menor redução no conteúdo de clorofila das folhas durante o período de enchimento de grãos (Tollenaar & Daynard 1982; Wolfe et al. 1998 a, b), menor número de plantas inférteis, maior resistência a estresses (Duvick, 1984; Carlone & Russel, 1987; Tollenaar et al., 1994; Machado & Magalhães, 1995; Sangoi et al., 2001 Argentina, et al., 2001) e maior equilíbrio entre o fornecimento de fotoassimilados e a sua demanda pelos grãos (Jones et. al., 1996). Como consequência destas modificações morfológicas e fisiológicas introduzidas nas plantas, observa-se que os híbridos utilizados no final do período de 1934 a 1978 foram mais produtivos tanto sob altas densidades de plantas (folhas mais eretas) e altos níveis de fertilidade do solo como sob condições de deficiência hídrica e de nitrogênio (Duvick, 1984). O fato dos híbridos com maiores potenciais de rendimento de grãos terem expressado maior rendimento de grãos em condição de baixo como de elevado suprimento de N no solo também foi constatado por Carlone & Russel (1987). Ao se comparar híbridos liberados comercialmente em diferentes décadas submetidos à condição de deficiência de N, observa-se maior tolerância dos híbridos liberados nas últimas décadas ao estresse desse nutriente durante o período vegetativo, evidenciado pelo maior acúmulo de massa seca, principalmente no espigamento e enchimento de grãos (McCullough et al., 1994). Com relação ao acúmulo de massa seca, há grande variabilidade genética entre os híbridos liberados em diferentes décadas, pois a senescência da folha pode ocorrer antes ou depois da maturidade fisiológica dos grãos, dependendo do genótipo e ambiente (Tollenaar, 1989, 1991).

Tem sido dada ênfase à comparação entre cultivares de milho com capacidade pronunciada de "stay-green" e as cultivares sem esta característica,



visto que a intensidade de senescência foliar afeta o rendimento final de grãos por influenciar a área fotossinteticamente ativa (Wolfe et al., 1988a). O retardamento da senescência foliar está associado ao maior rendimento de grãos, uma vez que o índice de colheita permanece constante (McCullough et al., 1994; Dwyer & Tollenaar, 1989; Dwyer et al., 1991). A manutenção prolongada de área foliar verde para produção de fotoassimilados durante o enchimento de grãos e a habilidade de absorver N do solo tardiamente no enchimento de grãos são características de híbridos de milho com alta eficiência de absorção de N (Dwyer et al.; 1995). Alta disponibilidade de N pode contribuir para manutenção da integridade do aparelho fotossintético, uma vez que 50% a 70% do total do N das folhas de milho está associado diretamente aos cloroplastos (Hageman, 1986).

Maior rendimento de massa seca da parte aérea durante o período de fixação e de enchimento de grãos pode evidenciar maior eficiência de absorção de N, pois a parte aérea disponibiliza carboidratos para os grãos (Huppe & Turpin, 1994). Segundo estes autores, os carboidratos da parte aérea liberam energia para bombeamento de prótons, realizado pela ATPase presente na membrana, com produção de um gradiente eletroquímico. Esse gradiente é necessário para que os transportadores transfiram o nitrato para dentro da célula (Ullrich & Novacky, 1990, Crawford, 1995). Além disso, alterações nas principais regulações metabólicas envolvidas na absorção de N tem sido introduzidas nos híbridos modernos, principalmente as relacionadas à eficiência de diferentes enzimas e suas isoformas envolvidas no ciclo de N na planta, bem como, na identificação de transportadores presentes na membrana plasmática das células (Bredemeier & Mundstock, 2000).

Vários autores têm destacado a importância que desempenha o metabolismo de N na resistência da planta a diferentes estresses (Becana et al., 1984; Duque & Duque, 1984; Lopes et al., 1988 e Cambraia, 1989), o que pode justificar parte das mudanças ocorridas entre híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas. Há claras indicações de que existe diferença entre genótipos de milho na utilização do N, não apenas na resposta à fertilização nitrogenada, mas também na eficiência de absorção, de acúmulo e de utilização do N absorvido (Beauchamp et al., 1976; Balko & Russel, 1990). Isto pode ser explicado pelos maiores número e tamanho de grãos nos híbridos com maior potencial produtivo. Estes híbridos são mais dependentes da quantidade de massa seca acumulada na planta no período compreendido entre espigamento e final da fase de dilatação dos grãos que ocorre cerca dos 15 dias após espigamento (Andrade et al., 1999). Neste período é definido o número de grãos por espiga, que é o componente mais importante do rendimento final de grãos.

A maior capacidade de dreno dos grãos por N determina o maior potencial produtivo de muitos dos híbridos de milho liberados comercialmente nas últimas décadas, selecionados para alto potencial produtivo, em relação aos liberados comercialmente em décadas anteriores (Jones et. al., 1996). Estes autores verificaram que a força de dreno dos grãos aumenta com o aumento da absorção de N durante o enchimento de grãos nos híbridos liberados nas últimas décadas devido à maior fixação e ao maior peso do grão. Por outro lado, se no espigamento e no enchimento de grãos diminui a demanda dos grãos por N nos híbridos com menores potenciais produtivos, a atividade fotossintética também pode reduzir-se, antecipando a senescência das folhas. Nestes híbridos, a

necessidade e a importância de reciclagem de N da parte vegetativa para os grãos reduz-se, devido à fraca demanda dos grãos por N (Sangoi et al., 2001). Os híbridos liberados nas últimas duas décadas são mais responsivos e exigentes quanto ao suprimento de N no espigamento (Jones et. al., 1996).

A eficiência de utilização de N na cevada (*Hordeum vulgare* L.) pode ser aumentada pela maior capacidade de captar N do solo (Wamser, 2002), porque geralmente esta característica nas plantas é determinada pela eficiência de absorção de N do solo e pela eficiência de uso do N dentro da planta para produzir massa seca em grãos (Dwyer et al., 1995). O processo de conversão de massa seca em grãos envolve, além da absorção e do acúmulo de N, a translocação deste nutriente das várias partes da planta para os grãos (Beauchamp et al., 1976).

Nos híbridos mais antigos, (Sangoi et al., 2001) observaram maior efeito do N no acúmulo de massa seca na parte aérea, associando-o a maior duração do período vegetativo (Sangoi et al., 2001). Segundo estes autores, isto indica que, provavelmente, a captação de N pela raiz e a capacidade de armazenamento deste nutriente na antese não explicam a menor eficiência destes híbridos em converter N mineral em produção de grãos. Entretanto, a intensidade de reciclagem deste nutriente dos tecidos vegetativos para os grãos não é a mesma entre híbridos liberados em diferentes décadas. Os híbridos comercializados mais recentemente têm maior capacidade de remobilização de fotoassimilados dos tecidos vegetativos para os grãos (Jones et. al., 1996).

Genótipos com maior potencial produtivo possuem maior equilíbrio entre fonte e dreno e maior sincronismo de desenvolvimento entre as inflorescências feminina e masculina, o qual influencia a polinização (Sangoi et al., 2001). Estes

autores explicam que a menor polinização das espiguetas da espiga de milho diminui a sua força de dreno e aumenta o nível da relação fonte e dreno, resultando em maior acumulação de carboidratos nas estruturas vegetativas. Os híbridos mais antigos usam N mais eficientemente para aumentar a estatura e a massa seca da planta na antese (Sangoi et al., 2001). Isto indica que a maior sincronia no desenvolvimento das estruturas reprodutiva masculina e feminina viabiliza o maior potencial produtivo dos híbridos liberados a partir de 1980 (Duvick & Cassman, 1999).

A presença de grãos mais pesados decorrente da aplicação de N no período de enchimento é importante não apenas para aumentar o rendimento de grãos de milho. O peso do grão é freqüentemente associado com outros parâmetros de qualidade dos grãos, tais como, suscetibilidade ao quebramento e teor de proteína (Arnold et al., 1977; Manokarkumar et al., 1978; Oikeh et al., 1998). Grãos maiores são aparentemente mais suscetíveis ao quebramento que os menores (Vyn & Moes, 1988). Entretanto, Vyn & Tollenaar (1998) encontraram maior quebramento de grãos em híbridos que produziram grãos pequenos. Para Arnold et al., (1977); Manokarkumar et al., (1978); Oikeh et al., (1998), a aplicação de N aumenta a qualidade física dos grãos. Nove híbridos com diferentes classificações de maturidade e práticas de produção foram estudados quanto à suscetibilidade ao quebramento e a densidade dos grãos por Bauer & Carter (1996). Neste estudo, estes autores confirmam que a adubação nitrogenada diminui a suscetibilidade ao quebramento, concordando com Kniep & Mason (1989).

Uma das maneiras de explicar o aumento na suscetibilidade ao quebramento de grãos devido à deficiência de nitrogênio do solo está relacionada

às diferenças na assimilação de N e no acúmulo de zeína durante o enchimento de grãos (Tsaí et al., 1983). Em outro trabalho, Tsaí et al. (1992) concluíram que aumenta o teor de proteína com a aplicação de nitrogênio, sendo que este aumento foi acompanhado pelo aumento na quantidade de zeína presente no endosperma. Segundo estes autores, o aumento da proteína produz grãos mais duros, menos quebradiços e mais translúcidos, porque quando aumenta o teor de proteína nos grãos, a fração correspondente à zeína aumenta sua proporção na proteína. Outro benefício da aplicação de N é o aumento do tamanho do embrião (germe do milho) que tem melhor balanço de aminoácidos do que o endosperma (Bhatia & Rabson, 1987). Segundo estes autores, isto é importante para balancear o valor biológico da proteína, já que a zeína contém baixa quantidade de dois aminoácidos essenciais mais limitantes, a lisina e o triptofano.

Estudos sobre a existência de correlação entre aumento de rendimento de grãos e qualidade dos grãos têm sido realizados. Enquanto alguns autores encontraram correlação negativa entre teor de proteína e rendimento de grãos (Dudley et al., 1977), outros não têm encontrado correlação (Feil et al., 1992) ou encontraram correlação positiva entre rendimento de grãos e teor de proteína nos grãos (Tsaí et al., 1984) avaliando apenas um híbrido. No entanto, para um conjunto de híbridos, o rendimento de grãos é geralmente correlacionado negativamente com teor de N e com o aumento de proteína nos grãos (Dudley et al., 1977; Tsaí et al., 1992). Os autores que encontraram correlação negativa consideraram que este fato foi devido ao baixo dreno de N nos híbridos com baixo rendimento de grãos, que tornaram os drenos saturados com N em níveis relativamente baixos de adubação nitrogenada. Ou seja, o maior potencial produtivo dos híbridos liberados para cultivo nas últimas décadas está associado

a grãos maiores, quando adequadamente supridos com N, como também o aumento da qualidade dos grãos. Isto agrega valor comercial à cultura. Os lotes com qualidade para exportação contém grãos uniformemente grandes e sem quebramento, pois diminui as impurezas (Hill, 1982).

Grãos de milho maiores e uniformes são desejados para cocção alcalina (Shumway et al., 1992) e para ração animal quando processados por moagem e esmagamento, moagem a seco e moagem úmida. No processo de moagem úmida para extração de amido, os grãos de milho devem ter baixa suscetibilidade ao quebramento para obtenção de alto rendimento de amido (Paulsen & Hill, 1985).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local de execução

O experimento foi conduzido a campo na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na estação de crescimento de 2001/2002. A EEA/UFRGS está localizada no município de Eldorado do Sul, região fisiográfica da Depressão Central. O solo da área é um [Argissolo Vermelho Distrófico típico] [Embrapa, 1999] pertencendo à unidade de mapeamento São Jerônimo (Brasil, 1973).

A análise química do solo foi realizada em 26 de abril de 2001, antecedendo a semeadura da cobertura de solo no inverno. Os resultados da análise constam na Tabela 1.

**TABELA 1** - Laudo da análise de solo antes da instalação do experimento conduzido em Eldorado do Sul – RS, 2001.

MO <sup>2</sup>	Argila	pH	Índice	P	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2</sup>	Al+H	CTC	%SAT. da CTC	
-----%	.....	H <sub>2</sub> O	SMP	- mgL <sup>-1</sup>	-	-----	cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	-----			BASES	Al
2,0	29	4,8	5,8	18	145	0,7	8,8	4,2	4,3	17,6	76,0	4,0

<sup>1</sup>Expedido pelo laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia - Departamento de Solos

<sup>2</sup>MO = matéria orgânica

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como subtropical com verão úmido quente, situado na transição entre os tipos fundamentais cfa<sub>1</sub> (isoterma anual inferior a 18<sup>o</sup> C) e cfa<sub>2</sub> (isoterma anual inferior a 18<sup>o</sup> C) (Ipagro 1989). A precipitação pluvial média anual em Eldorado do Sul é de 1440 mm e as temperaturas médias anual, máxima e mínima são, respectivamente, 19,6, 24,9 e 13,9 °C (Bergamaschi & Guadagnin, 1990).

A área experimental utilizada vem sendo cultivada no sistema de semeadura direta há oito anos, tendo soja e milho como culturas de verão e aveia preta como cultura de cobertura de solo no inverno. Nas estações de crescimento 1993 / 94, 1994 / 95, 1996 / 97, 1997/98, 1998 / 99 e 1999/00 foi estabelecida a sucessão de aveia preta como cobertura de inverno e milho no verão, e nas de 1995/96 e 2000/01 foi utilizada a sucessão aveia preta e soja.

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

Os dezoito tratamentos testados consistiram na combinação de dois híbridos de milho liberados para cultivo em diferentes décadas, três níveis de N aplicados no período vegetativo e três níveis de N aplicados no espigamento (Tabela 2). Os híbridos utilizados foram: Pioneer 32R21, liberado em meados da década de 90, híbrido simples, e o Agroceres 303 liberado no início da década de 80, híbrido duplo. Segundo Indicações... (2001), os híbridos são classificados em ciclo precoce e normal, respectivamente. Os níveis de N testados foram 30, 80 e 130 kg/ha aplicados período no vegetativo e, 50 e 100 kg/ha aplicados no espigamento. Uma testemunha sem aplicação de N foi incluída. Os níveis e épocas de aplicação de N estão discriminados na Tabela 2.



O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completamente casualizados, dispostos em fatorial 2x3x3, com quatro repetições.

**TABELA 2** - Níveis e épocas de aplicação de N no experimento conduzido na EEA, UFRGS, Eldorado do Sul-RS,2001.

Tratamentos <sup>1</sup>	Níveis (kg/ha) e épocas de aplicação de N					Total de N aplicado (kg/ha)
	Emergência	3 a 4 folhas completamente desenvolvidas	7 a 8 folhas completamente desenvolvidas	10 a 11 folhas completamente desenvolvidas	Espigamento	
AV0R0	30	0	0	0	0	30
AV0R1	30	0	0	0	50	80
AV0R2	30	0	0	0	100	130
AV1R0	30	16,6	16,6	16,7	0	80
AV1R1	30	16,6	16,6	16,7	50	130
AV1R2	30	16,6	16,6	16,7	100	180
AV2R0	30	33,3	33,3	33,4	0	130
AV2R1	30	33,3	33,3	33,4	50	180
AV2R2	30	33,3	33,3	33,4	100	230
MV0R0	30	0	0	0	0	80
MV0R1	30	0	0	0	50	130
MV0R2	30	0	0	0	100	130
MV1R0	30	16,6	16,6	16,7	0	80
MV1R1	30	16,6	16,6	16,7	50	130
MV1R2	30	16,6	16,6	16,7	100	180
MV2R0	30	33,3	33,3	33,4	0	130
MV2R1	30	33,3	33,3	33,4	50	180
MV2R2	30	33,3	33,3	33,4	100	230

A = híbrido liberado na década de 1980 (Agroceres 303)

M = híbrido liberado na década de 1990 ( Pioneer 32R21)

V0 = Nível de 30 kg/ ha de N aplicada no período vegetativo

V1 = Nível de 80 kg/ ha de N aplicada no período vegetativo

V2 = Nível de 130 kg /ha de N aplicada no período vegetativo

R0 = sem aplicação de N no espigamento

R1 = dose de 50 kg/ ha de N aplicado espigamento em uma única vez

R2 = dose de 100 kg /ha de N aplicada no espigamento em uma única vez

A área da unidade experimental foi de 33,6 m<sup>2</sup>, constituída por 8 linhas de 6 m de comprimento e espaçadas a 0,7 m. As linhas de número 2, 3 e 4 foram usadas para avaliação do rendimento de grãos e dos componentes do rendimento e as de número 6 e 7 para as demais determinações. As linhas de número 1, 5 e 8 e 0,5 metro de cada uma de suas extremidades foram utilizadas como

bordadura. Para as determinações do rendimento de grãos e dos componentes utilizou-se a área útil de 10,5 m<sup>2</sup>.

### **3.3 Procedimento experimental**

O experimento foi implantado em sistema de semeadura direta, em sucessão à aveia preta (*Avena strigosa*). A cobertura de solo no inverno foi semeada em 11 de maio de 2001, na densidade de 100 kg/ha de sementes e no espaçamento entrelinhas de 0,18 m, não tendo recebido adubação de base. Apenas foi realizada adubação nitrogenada em cobertura com 30 kg/ha de N no dia 6 de junho de 2001, correspondendo ao início do perfilhamento. A dessecação e a rolagem da aveia foram realizadas em 5 e 9 de setembro de 2001, respectivamente.

A semeadura do milho foi realizada em 25 de setembro de 2001 para o AG 303, de ciclo precoce, em 10 de outubro de 2001 para o P 32R21, de ciclo superprecoce, com o objetivo de aproximar a fase de florescimento dos dois híbridos. A densidade de plantas no híbrido antigo foi de 60.000 plantas/ha e no moderno de 75.000 plantas/ha. Para ambos os híbridos, o espaçamento entrelinhas foi de 0,7 m. A semeadura foi manual, através de saraquá, colocando-se três a quatro sementes por cova. Aos quinze dias após a emergência das plântulas, fez-se o desbaste, deixando uma planta por cova.

A área experimental recebeu a aplicação de 2 t/ha de calcário em abril de 2001. A adubação com fósforo e potássio no milho foi realizada em linhas por ocasião da semeadura do AG 303, utilizando-se 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O, nas formas de superfosfato triplo e de cloreto de potássio,

respectivamente, em toda a área experimental. Aplicou-se 30 kg/ha de N na linha logo após a emergência das plântulas, em todos os tratamentos.

Foi realizado tratamento de semente com o inseticida thiodicarbe, na dose de 7g i.a/kg de sementes, para prevenir o ataque de pragas, principalmente das espécies cortadoras de plantas. O controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência precóce, através da aplicação da mistura dos herbicidas atrazine + simazine (250g i.a/ha de cada herbicida).

A necessidade de irrigação foi estipulada pela instalação de seis tensiômetros na área experimental, sendo três na profundidade de 25 cm e três na de 50 cm. A irrigação foi realizada quando o potencial de água no solo era inferior a -0,04 Mpa (Doorembos & Pruitt, 1976). Utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão, de acordo com o balanço hídrico realizado no ano agrícola (Apêndice 6).

### **3.4 Determinações**

Durante a realização do experimento foram procedidas as seguintes determinações:

#### **Aveia preta**

##### **3.4.1 Rendimento de massa seca da parte aérea**

A produção de massa seca foi determinada no início de formação de grãos, aos 6 dias após a dessecação. Foi feita a coleta de plantas em quatro sub-amostras de 0,25 m<sup>2</sup>, as quais foram colocadas para secar em estufa a 60<sup>0</sup> C até atingir peso constante. Sendo os resultados expressos em t/ha.

## **Milho**

### **3.4.1 Fenometria**

A duração dos subperíodos de desenvolvimento foi estimada, em dias, considerando-se 75 % das plantas: semeadura - emergência; emergência - pendoamento; pendoamento - espigamento e espigamento - maturação fisiológica.

A maturação fisiológica dos grãos foi determinada amostrando-se quatro espigas por parcela. Considerou-se atingida a maturação fisiológica quando 75 % das espigas (três espigas) apresentavam as células da placenta - chalaza escurecidas, evidenciando a camada preta (Thorne, 1985). Para esta verificação, foram tomadas amostras de 20 grãos da parte central das espigas, a partir de 40 dias após espigamento, em intervalos de três dias.

### **3.4.2 Rendimento de grãos**

A avaliação do rendimento de grãos de milho foi realizada no dia 19 de fevereiro de 2002. As espigas da área útil foram colhidas manualmente das plantas e depois trilhadas em debulhador acoplado a um trator. Os grãos foram pesados, corrigindo-se após a umidade para 13%. Sendo os resultados expressos em t/ha.

### **3.4.3 Componentes do rendimento**

O número de espigas produzidas por área foi determinado logo antes da colheita, através da contagem do número de espigas presentes na área útil. Sendo os resultados foram expressos em número de espigas /m<sup>2</sup>.

O peso médio do grão foi obtido utilizando-se uma amostra de 400 grãos, sendo expresso a umidade de 13%. O número de grãos por espiga foi obtido através da razão entre peso total de grãos da área útil pelo produto entre número de espigas da área útil e peso médio do grão.

#### **3.4.4 Teor e acúmulo de N nos grãos**

Uma amostra de 20 g dos 400 grãos utilizados para determinação do peso do grão, foi moída em moinho do tipo centrífuga e homogeneizada. O teor de N nos grãos foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A quantidade de N acumulada nos grãos por hectare foi obtida pelo produto entre o teor de N nos grãos e o rendimento de grãos.

#### **3.4.5 Teor de proteína nos grãos**

Para cálculo do teor de proteína nos grãos multiplicou-se o teor de N nos grãos obtido no item anterior (3.4.4) pelo fator de correção de 6,25 (cada 1% de nitrogênio corresponde a 6,25 de proteína).

#### **3.4.6 Índice de colheita aparente**

O índice de colheita foi calculado dividindo-se a massa de grãos pelo pela massa de grãos mais a massa seca total da parte vegetativa de três plantas da área útil de cada parcela.

#### **3.4.7 Acúmulo de massa seca total na parte aérea da planta**

Procedeu-se a determinação do rendimento de massa seca total da parte aérea para folhas, colmos, pendão, brácteas e espigas com grãos. Para esta

avaliação foram realizadas amostragens periódicas de plantas, em intervalos de aproximadamente duas semanas, em cinco épocas (do espigamento até a maturação fisiológica). Foram utilizadas cinco plantas por parcela, as quais foram dissecadas e colocadas em estufa a 60 °C até peso constante. A quantidade total de massa seca da parte aérea foi obtida pelo somatório da massa seca das folhas, colmos, pendão, brácteas e das espigas. Determinou-se o rendimento por planta e multiplicou-se pelo número de plantas por hectare utilizado para cada híbrido, obtendo-se desta maneira o rendimento de massa seca.

#### **3.4.8 Teor e acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea da planta**

A massa seca das amostras utilizadas para determinação do rendimento foi previamente moída em uma ensiladeira e, após, foi moída em moinho do tipo centrífuga e homogeneizada. O teor de N no tecido vegetal da parte aérea foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A quantidade de N acumulada nas plantas em cada época de amostragem foi obtida pelo produto entre o teor de N na fitomassa e a quantidade total de massa seca.

#### **3.4.9 Acúmulo de massa seca na parte vegetativa da planta**

O procedimento utilizado para determinação deste parâmetro foi similar ao utilizado no item 3.4.6, com a diferença de que foi excluído o peso das espigas com grãos.

### **3.4.10 Massa seca dos grãos**

Procedeu-se a determinação da massa seca dos grãos sendo realizadas em três épocas de amostragens, em intervalos de aproximadamente duas semanas, no período de 30 a 60 dias após o espigamento. Foram utilizadas cinco plantas por parcela, das quais os grãos foram coletados e colocados em estufa a 60 °C até peso constante. A quantidade total de massa seca total dos grãos nas três épocas de amostragem foi obtida pelo somatório do peso dos grãos. Determinou-se o rendimento por planta e multiplicou-se pelo número de plantas por hectare utilizado para cada híbrido, obtendo-se desta maneira o rendimento de massa seca dos grãos.

### **3.5 Análise estatística**

Todos os dados experimentais foram analisados estatisticamente através da análise de variância pelo teste-F. Quando alcançada significância estatística, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Os dados de evolução de acúmulo de massa seca na parte aérea da planta e nos grãos durante o período de formação e enchimento de grãos foram submetidos à análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Rendimento de grãos**

Para rendimento de grãos foram significativas as interações entre níveis de N aplicado no período vegetativo e níveis de N aplicado no espigamento e entre híbridos e níveis de N aplicado no espigamento (Apêndice 1). O rendimento de grãos aumentou até à aplicação de 50 kg/ha de N no estágio de espigamento nos níveis de 30 e 130 kg/ha de N aplicados durante o período vegetativo, na média dos dois híbridos (Figura 1). No menor nível de N aplicado durante o período vegetativo (30 kg/ha), o rendimento de grãos aumentou 2800 e 3600 kg/ha quando se aplicou, respectivamente 50 e 100 kg /ha de N no espigamento, em relação ao tratamento sem aplicação de N. No nível mais alto de N (130 kg/ha) aplicado durante o período vegetativo, houve aumento de 700 e 1700 kg/ha no rendimento de grãos quando se aplicou 50 e 100 kg/ha de N no espigamento, respectivamente, em relação ao tratamento sem aplicação de N. No nível intermediário (80 kg/ha de N) de aplicação de N no período vegetativo, não houve resposta significativa à aplicação de N no espigamento, embora tivesse sido registrado incremento de 700 e de 900 kg/ha no rendimento de grãos, respectivamente, com a aplicação de 50 e 100 kg/ha de N.



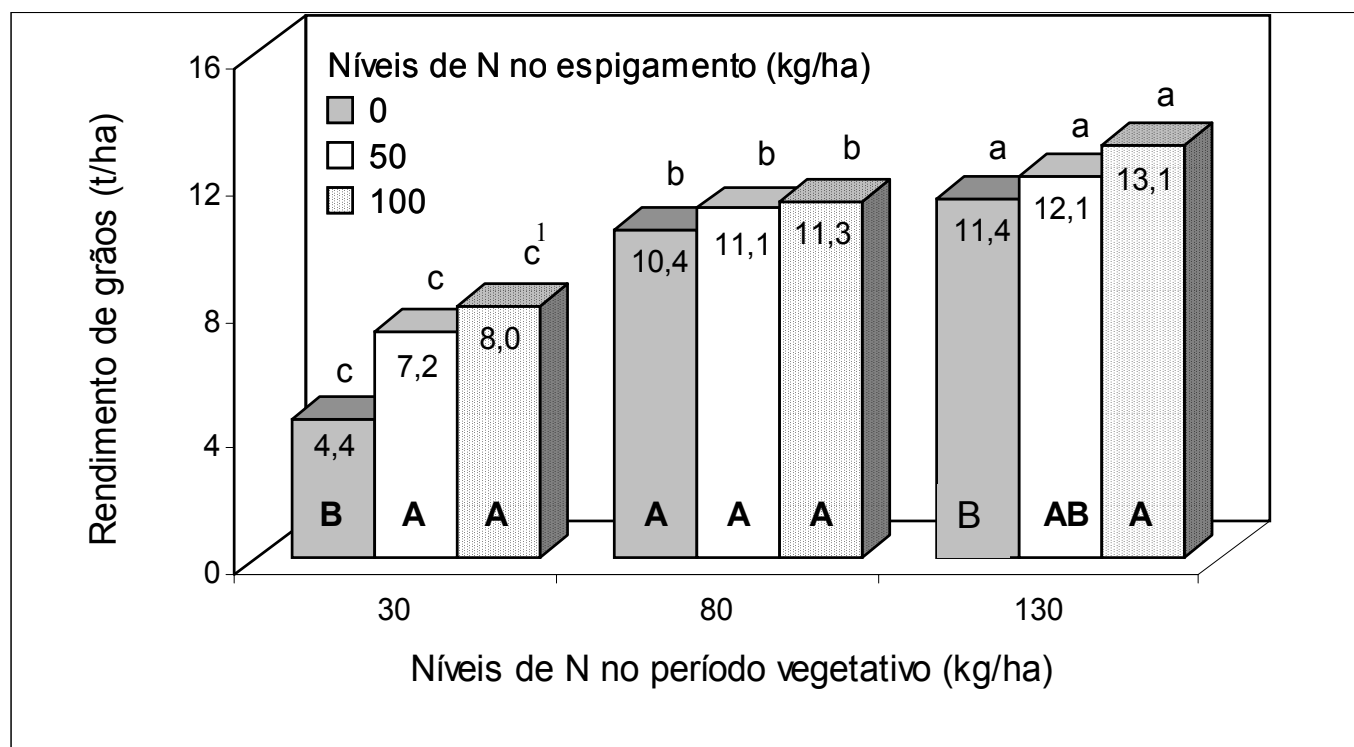


FIGURA 1 - Rendimento de grãos de milho em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21). Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre níveis de N no vegetativo dentro do mesmo nível de N no espigamento, ou maiúscula, comparação entre níveis de N no espigamento dentro do mesmo nível de N no vegetativo, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

Independente do nível de adubação nitrogenada aplicada no estágio de espigamento, o rendimento de grãos aumentou à medida que se elevou o nível de N aplicado durante o período vegetativo, na média dos dois híbridos (Figura 1).

O híbrido liberado comercialmente para cultivo na década de 1980 (Agrocere 303) respondeu à aplicação de N no espigamento até o nível de 50 kg/ha, enquanto o híbrido liberado em meados da década de 1990 (Pioneer 32R21) respondeu à aplicação de N até o nível mais alto (100 kg/ha) (Figura 2). Para o Agrocere 303 houve um incremento de 1300 kg/ha no rendimento de grãos quando se aplicou 50 kg/ha de N no espigamento em relação ao tratamento sem aplicação. Já no Pioneer 32R21 o aumento foi de 2700 kg/ha com a aplicação de 100 kg/ha de N em relação ao tratamento sem aplicação de N.

#### **4.2 Componentes do rendimento**

Para número de espigas por metro quadrado foram significativos os efeitos simples de níveis de N aplicado no espigamento e de híbridos (Apêndice 1). O número médio de espigas por metro quadrado aumentou 6% com a aplicação de 100 kg/ha de N no espigamento, em relação ao tratamento sem aplicação de N (Figura 3). O híbrido Pioneer 32R21 produziu mais espigas (15%) por metro quadrado em relação ao Agrocere 303 (Figura 4).

Para número de grãos por metro quadrado foram significativos a interação entre níveis de N aplicado durante o período vegetativo e níveis de N aplicado no espigamento e o efeito simples de híbridos (Apêndice 1). O número de grãos por metro quadrado aumentou até o nível de aplicação de 50 kg/ha de N

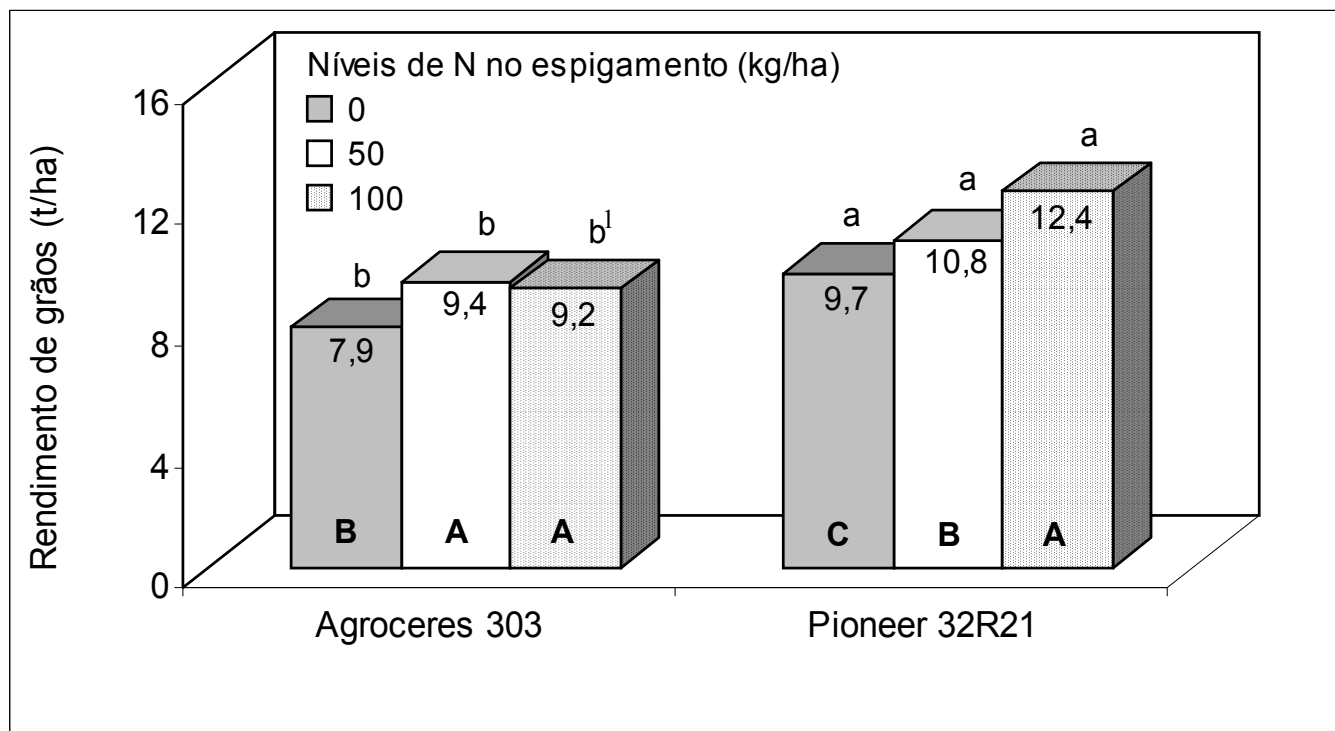


FIGURA 2 - Rendimento de grãos de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre híbrido dentro do mesmo nível de N no vegetativo e maiúscula, comparação entre níveis de N no vegetativo dentro do mesmo híbrido, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

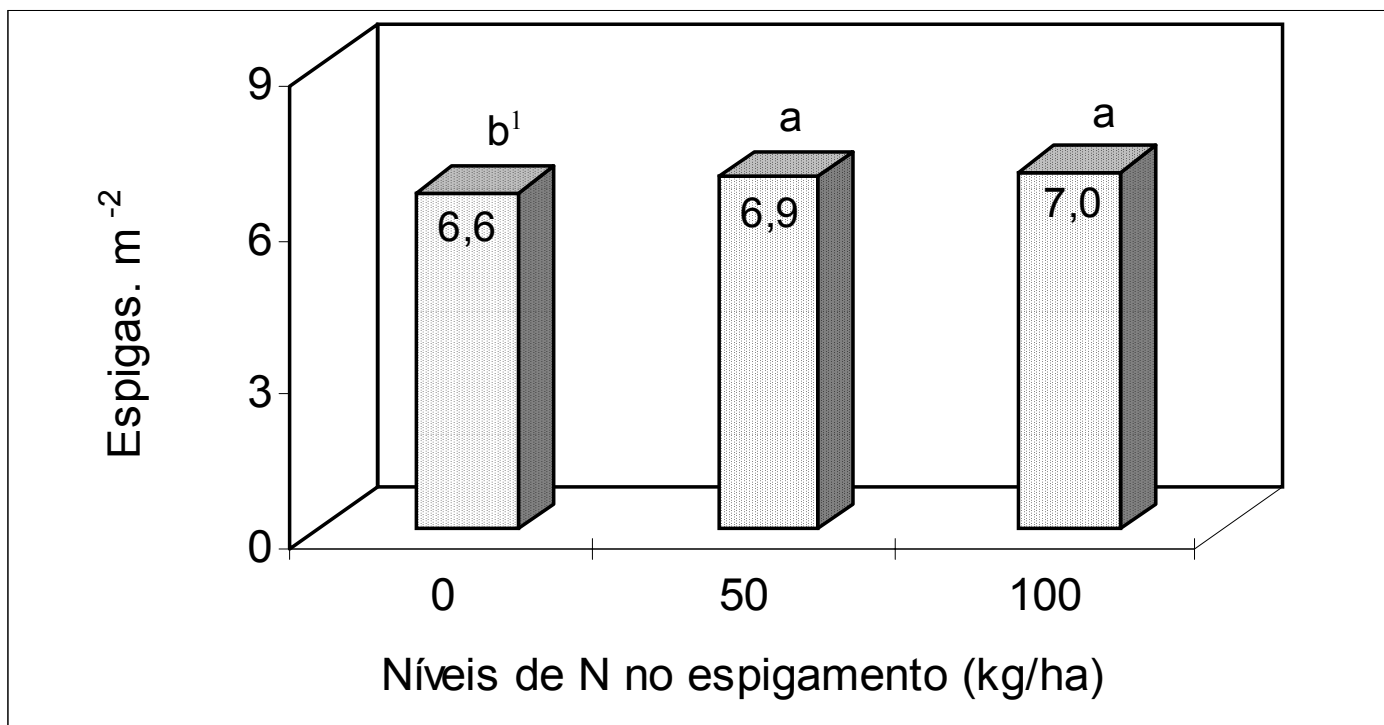


FIGURA 3 - Número de espigas por metro quadrado em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agrocere 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

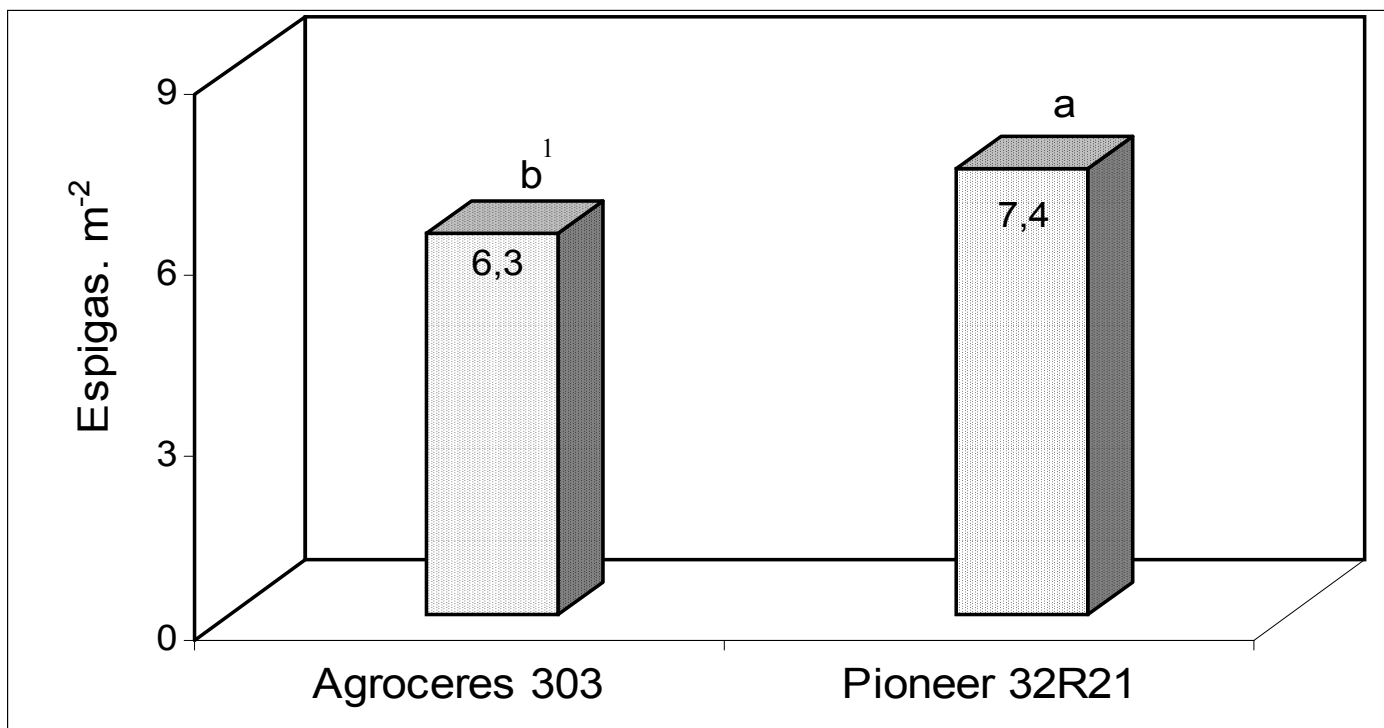


FIGURA 4 - Número de espigas por metro quadrado de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

no espigamento apenas no nível mais baixo de N aplicado no período vegetativo (Figura 5). No nível mais baixo de aplicação de N no período vegetativo, o número de grãos por metro quadrado foi menor em relação aos níveis intermediário e alto, independente do nível de N aplicado no espigamento. Não houve diferença para este componente entre os níveis intermediário e alto de N aplicado no período vegetativo. O híbrido Pioneer 32R21 produziu mais grãos por metro quadrado (20%) que o Agrocerees 303 (Figura 6).

Para o peso do grão foram significativos os efeitos simples de níveis de N aplicado no espigamento e de níveis de N aplicado durante o período vegetativo (Apêndice 1). O peso do grão aumentou com a aplicação de N no espigamento (Figura 7) e no período vegetativo (Figura 8). A aplicação de 50 e 100 kg/ha de N no espigamento aumentou o peso do grão em 7 e 14% em relação ao tratamento sem aplicação de N, respectivamente (Figura 7). O peso do grão aumentou 7% com o incremento de N no período vegetativo de 30 kg/ha para 130 kg/ha de N (Figura 8).

#### **4.3 N acumulado nos grãos**

Para quantidade de N acumulado nos grãos foram significativas as interações entre níveis de N aplicado durante o período vegetativo e níveis de N aplicado no espigamento e entre níveis de N aplicado no vegetativo e híbridos (Apêndice 2). No menor nível de N aplicado no período vegetativo, a quantidade de N acumulado nos grãos aumentou até à aplicação de 50 kg/ha da adubação nitrogenada no estágio de espigamento, na média dos dois híbridos (Figura 9). Os incrementos foram de 36 kg/ha (98%) e 48 kg/ha (126%) quando se aumentou o

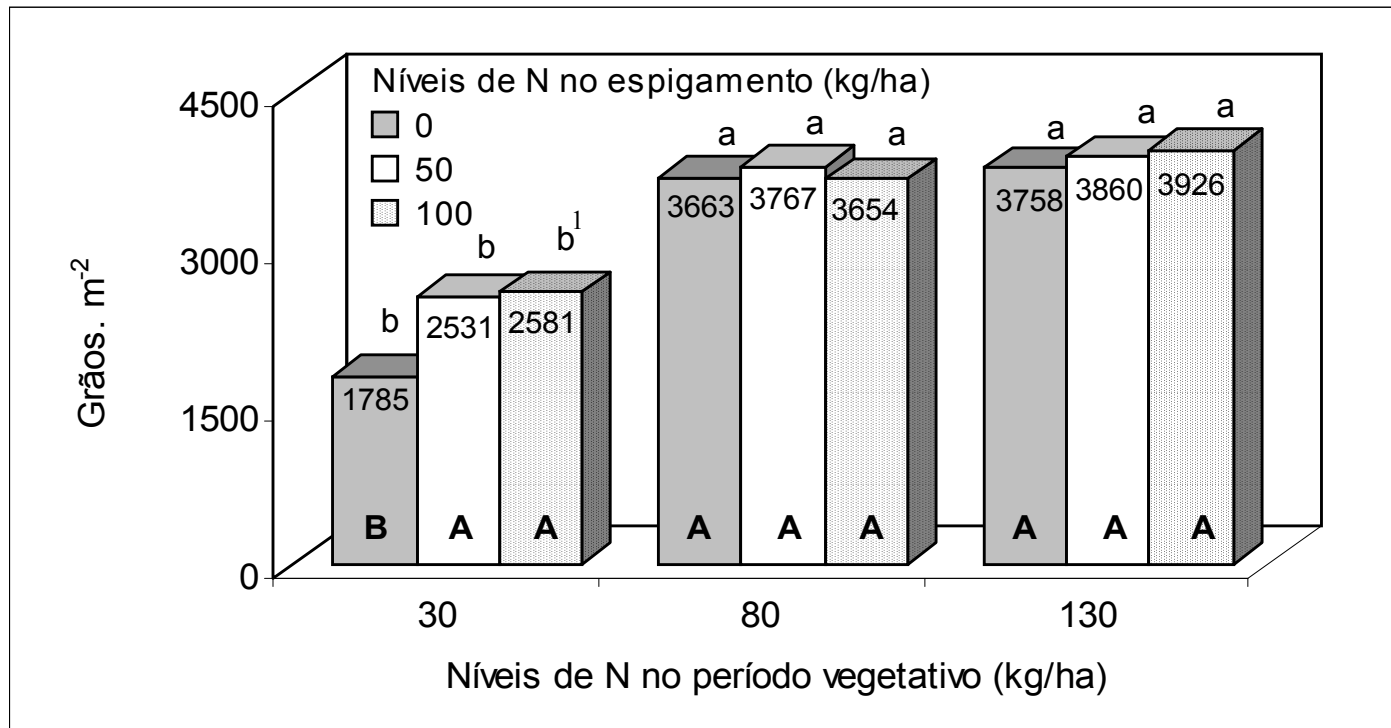


FIGURA 5 – Número de grãos por metro quadrado em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre níveis de N no vegetativo dentro do mesmo nível de N no espigamento, ou maiúscula, comparação entre níveis de N no espigamento dentro do mesmo nível de N no vegetativo, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

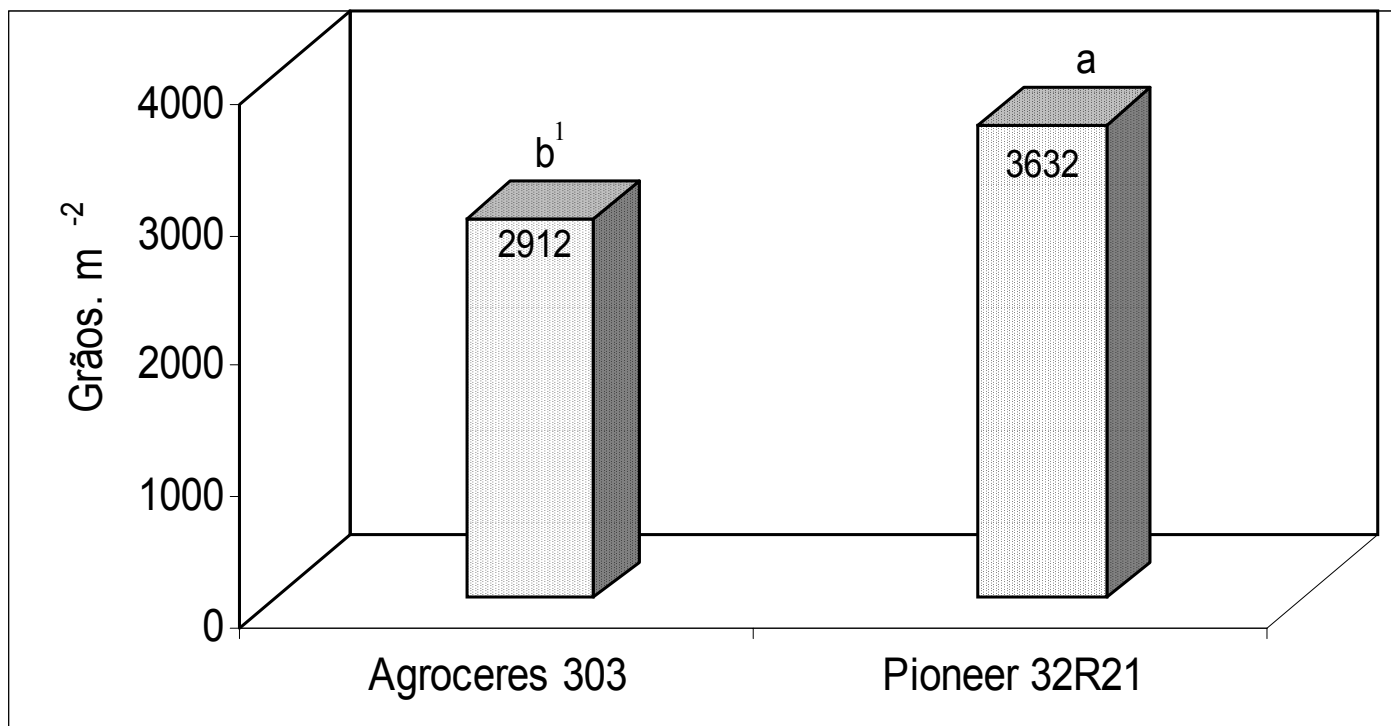


FIGURA 6 - Número de grãos por metro quadrado de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.



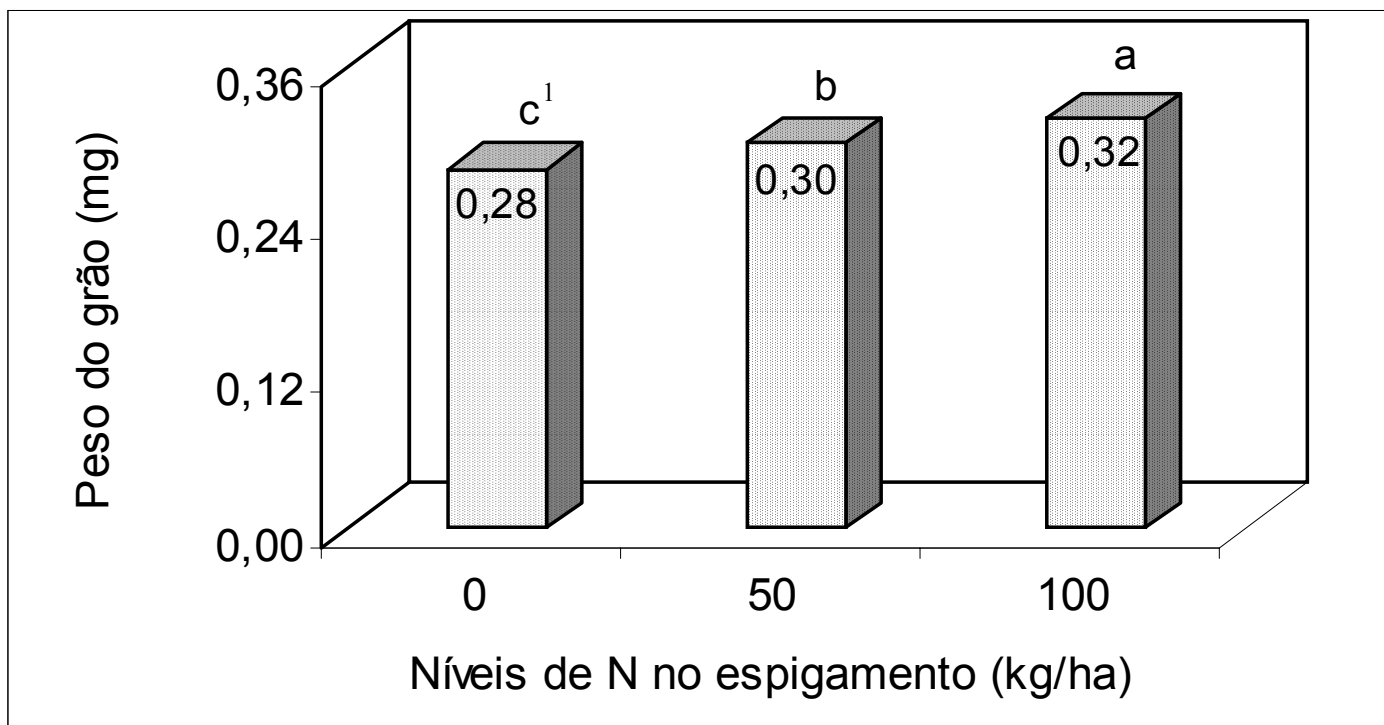


FIGURA 7 - Peso do grão em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

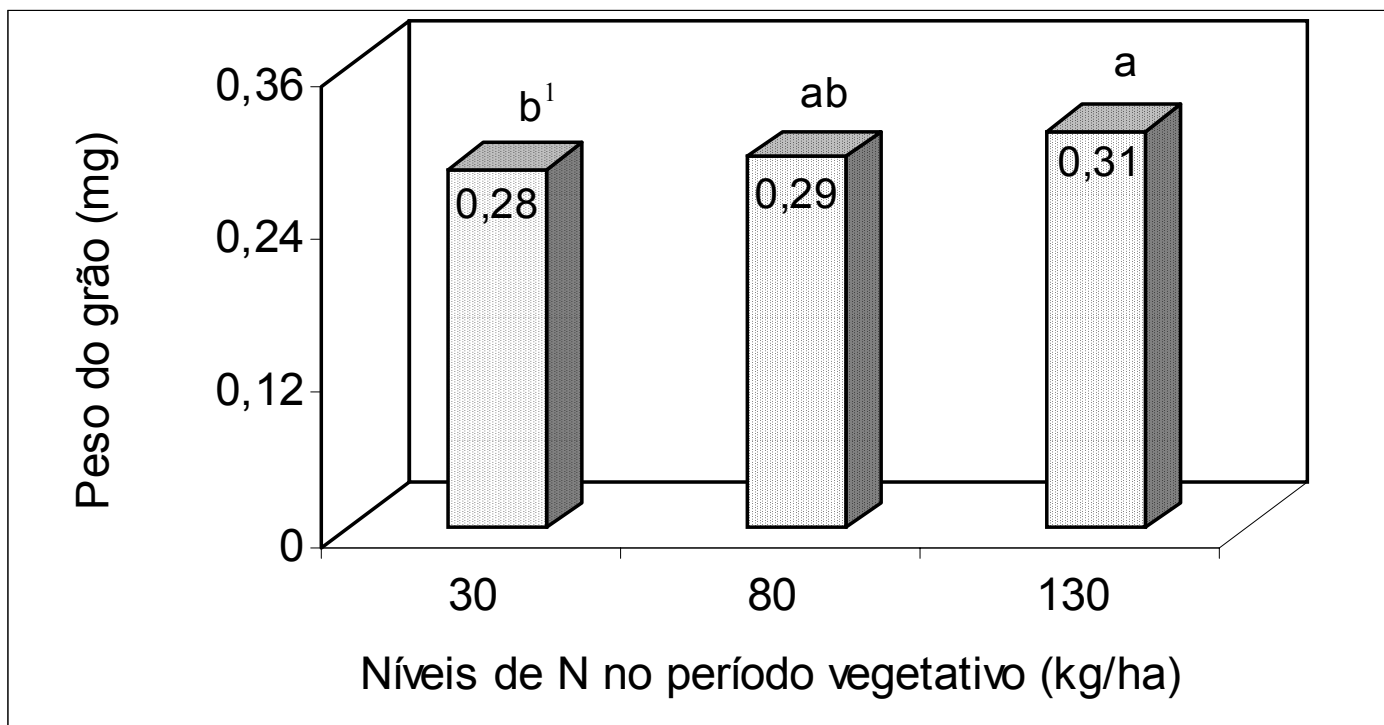


FIGURA 8 - Peso do grão em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agrocerec 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis da adubação nitrogenada aplicada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

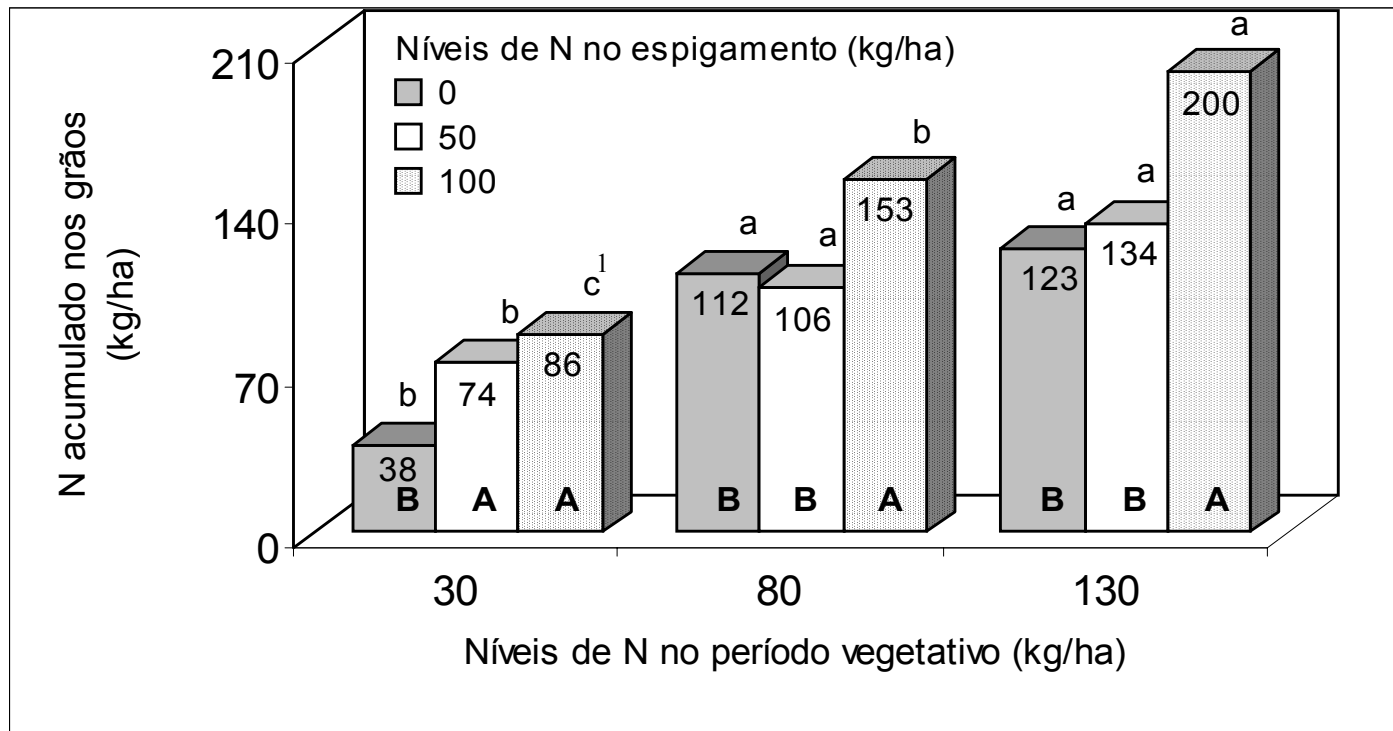


FIGURA 9 – Quantidade de nitrogênio (N) acumulado nos grãos em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho. Eldorado do Sul-RS 2001. Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre níveis de N no vegetativo dentro do mesmo nível de N no espigamento ou maiúscula, comparação entre níveis de N no espigamento dentro do mesmo nível de N no vegetativo, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

nível de adubação nitrogenada no espigamento de 0 para 50 e de 0 para 100 kg/ha de N, respectivamente. Nos níveis intermediário e alto de N aplicado durante o período vegetativo (80 e 130 kg/ha de N), o N acumulado nos grãos aumentou quando se aumentou o nível da adubação nitrogenada aplicada no estágio de espigamento de 50 para 100 kg/ha. Este aumento foi de 47 kg/ha (44%) e 66 kg/ha (49%), respectivamente.

Para os três níveis de N aplicado no espigamento, o N acumulado nos grãos aumentou à medida que se elevou de N aplicado durante o período vegetativo, na média dos dois híbridos. Nos tratamentos sem aplicação de N e com aplicação de 50 kg/ha no espigamento, o N acumulado nos grãos aumentou até a aplicação do nível intermediário de N (80 kg/ha) no período vegetativo e manteve-se estável com a aplicação da dose mais alta. No nível mais alto de N aplicado no espigamento, o N acumulado nos grãos aumentou até a dose mais alta de N no período vegetativo.

O híbrido Agrocères 303 aumentou a quantidade de N acumulado nos grãos até o nível de 80 kg/ha, enquanto o Pioneer 32R21 continuou a acumular N nos grãos até o nível mais alto de N aplicado (130 kg /ha) no período vegetativo (Figura 10). No Agrocères 303 houve um aumento de 54 kg/ha (83%) no acúmulo de N nos grãos quando se aplicou 80 kg/ha de N em relação ao tratamento sem aplicação. Para o Pioneer 32R21, os aumentos foram de 60 kg/ha (89%) e de 150 kg/ha (155%) de N quando se elevou o nível de N aplicado de 30 para 80 e de 30 para 130 kg/ha, respectivamente.

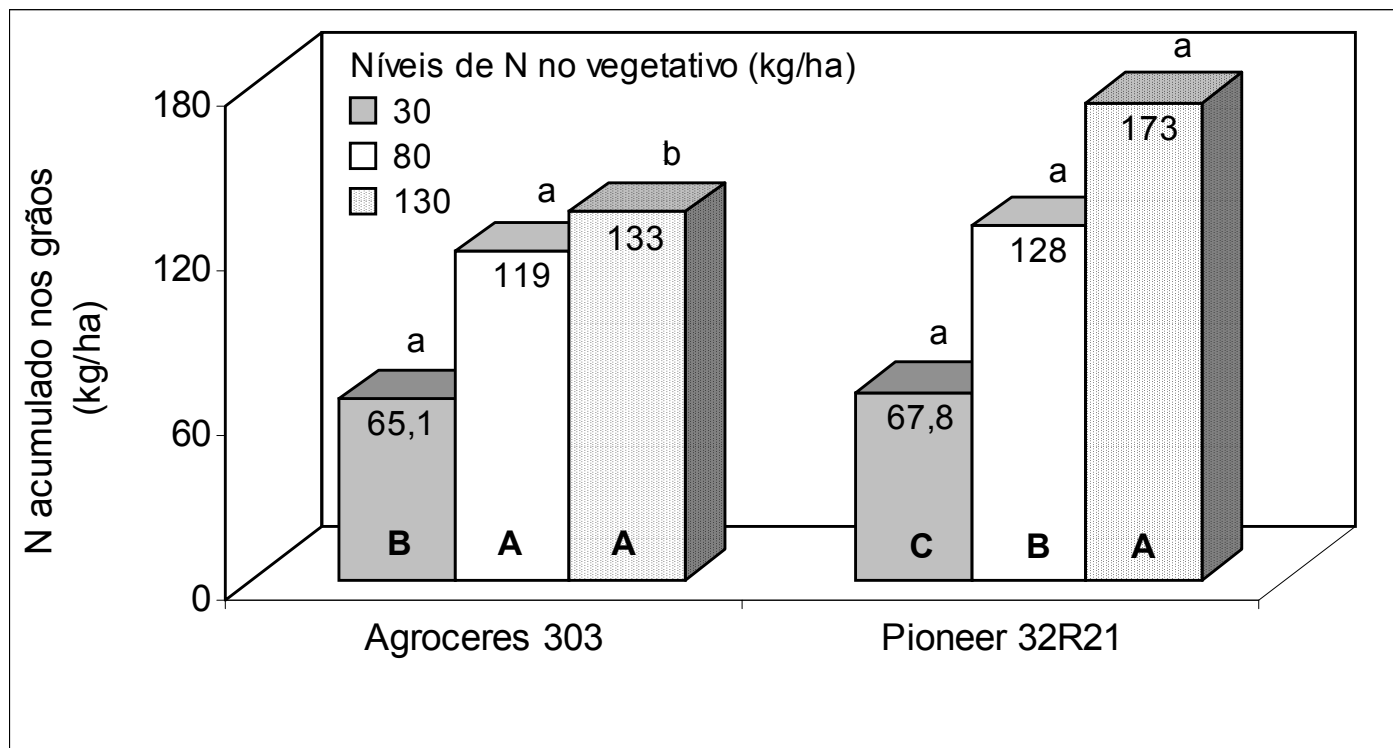


FIGURA 10 – Quantidade de nitrogênio (N) acumulado nos grãos de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.<sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre híbridos dentro do mesmo nível de N no vegetativo ou maiúscula, comparação entre níveis de N no vegetativo em cada híbrido, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

#### **4.4 Teor de proteína nos grãos**

Para teor de proteína nos grãos foram significativos a interação entre níveis de N aplicado no espigamento e híbridos e o efeito simples de níveis de N aplicado durante o período vegetativo (Apêndice 2). A resposta do teor de proteína nos grãos à aplicação de N no espigamento foi maior no Agrocere 303 do que no Pioneer 32R21 (Figura 11). Para o Agrocere 303 o teor de proteína nos grãos aumentou 22% quando se aplicou 100 kg/ha de N no espigamento em relação ao tratamento sem aplicação. Já no Pioneer 32R21, o aumento foi de 16% com a aplicação de 100 kg/ha de N em relação ao tratamento sem aplicação de N no espigamento.

O híbrido Agrocere 303 apresentou maior teor de proteína nos grãos em relação ao Pioneer 32R21 somente no maior nível de N aplicado no espigamento.

O teor de proteína nos grãos aumentou com o incremento do nível de N aplicado no período vegetativo (Figura 12). Em relação ao menor nível de N aplicado, as aplicações de 80 e 130 kg/ha de N aumentaram o teor de proteína nos grãos em 9 e 15% , respectivamente.

#### **4.5 Índice de colheita**

Para índice de colheita foram significativos a interação entre níveis de N aplicado no período vegetativo e níveis de N aplicado no espigamento e o

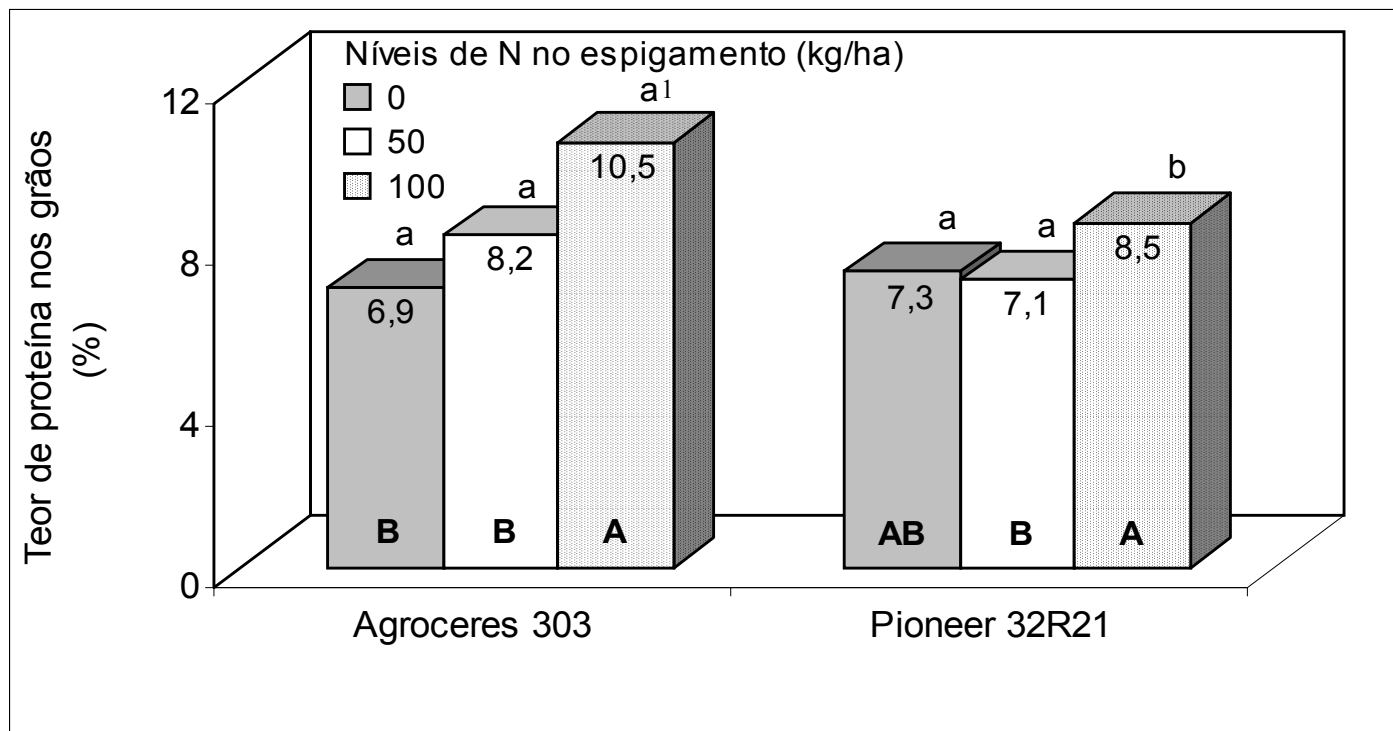


FIGURA 11 - Teor de proteína nos grãos de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre híbridos dentro do mesmo nível de N no espigamento ou maiúscula, comparação entre níveis de N no espigamento em cada híbrido, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade

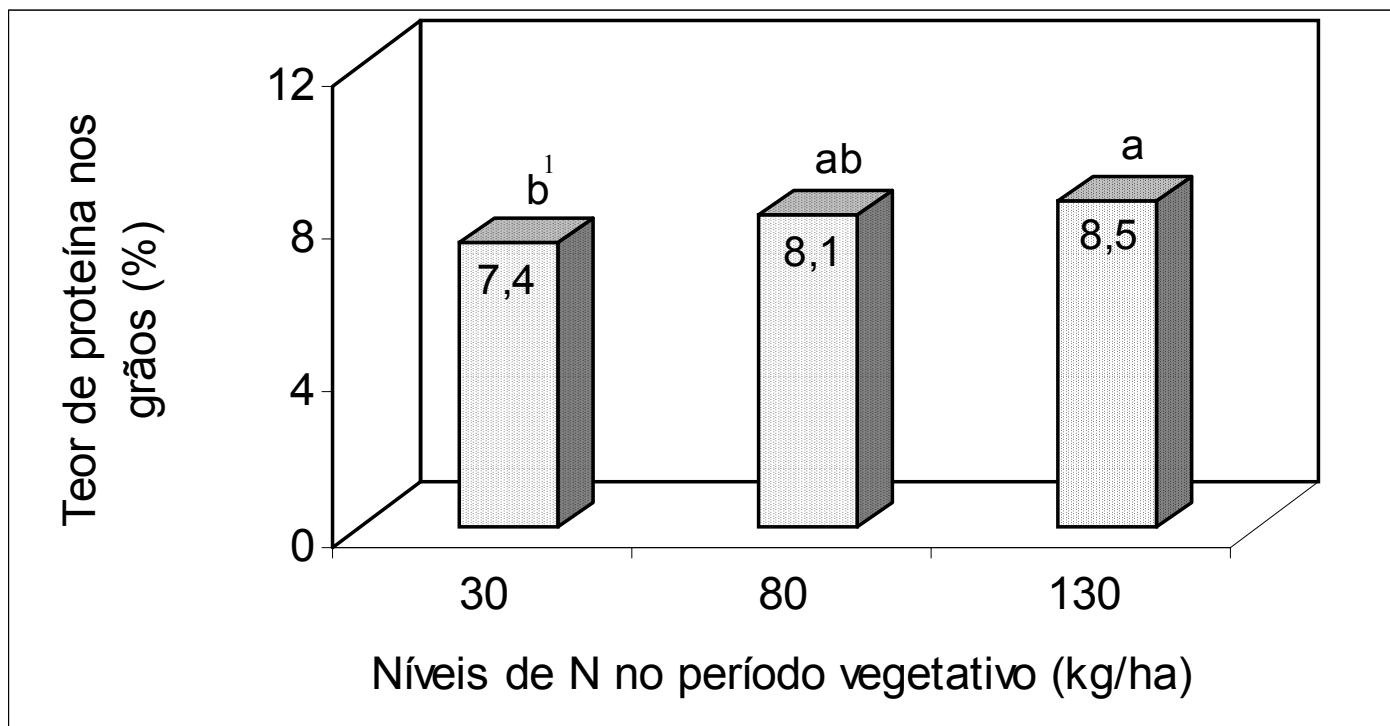


FIGURA 12 - Teor de proteína nos grãos em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agrocere 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.



efeito simples de híbridos (Apêndice 2). O índice de colheita aumentou até à aplicação de 100 kg/ha da adubação nitrogenada no espigamento, somente no nível mais baixo aplicado durante o período vegetativo, na média dos dois híbridos (Figura 13). Os aumentos de N foram de 5 e 26 % quando se aplicou 50 e 100 kg /ha de N, respectivamente, em relação ao tratamento sem aplicação de N. Só houve resposta à adubação nitrogenada no período vegetativo nos tratamentos sem aplicação de N no espigamento. Neste menor nível, o índice de colheita foi menor em relação aos obtidos com os níveis intermediário e alto de N. O híbrido Pioneer 32R21 apresentou maior índice de colheita (13, 5%) em relação ao Agroceres 303 (Figura 14).

#### **4.6 Acúmulo de massa seca total na parte aérea**

Para massa seca total da parte aérea (parte vegetativa + grãos) foram significativas as interações entre níveis de N aplicado no espigamento e épocas de amostragem, entre níveis de N aplicado no período vegetativo e épocas de amostragem e entre híbridos e épocas de amostragem (Apêndice 3). Para os três níveis de N aplicado no espigamento, o acúmulo de massa seca total da parte aérea durante o período de formação e enchimento de grãos aumentou de forma quadrática durante o período de formação e enchimento de grãos (Figura 15). Na comparação entre níveis de aplicação de N no espigamento, começa a se verificar resposta a partir da amostragem realizada aos 45 dias após o espigamento. Nesta época de amostragem, o acúmulo de massa seca foi superior no tratamento com aplicação de 100 kg/ha de N no espigamento em relação aos tratamentos sem aplicação ou com aplicação de 50 kg/ha N no espigamento. As

diferenças observadas entre níveis de aplicação de N no espigamento acentuaram-se na amostragem realizada aos 60 dias após o espigamento.

Nos três de níveis de N aplicados no período vegetativo, o acúmulo de massa seca total da parte aérea aumentou de forma quadrática durante o período de formação e enchimento de grãos (Figura 16). No nível mais baixo de N aplicado durante o período vegetativo, o acúmulo de massa seca foi menor que os obtidos nos níveis intermediário e alto de adubação nitrogenada, em todas as épocas de amostragem. Ao se comparar os níveis de aplicação de N intermediário e alto, o acúmulo de massa seca total da parte aérea só começou a se diferenciar a partir dos 45 dias após o espigamento, aumentando na amostragem realizada aos 60 dias após o espigamento aumentando na amostragem realizada aos 60 dias após o espigamento. Nestas duas amostragens, no nível alto de N houve maior acúmulo de massa seca total em relação ao intermediário.

Para os dois híbridos, o acúmulo de massa seca total da parte aérea aumentou de forma quadrática durante o período de formação e enchimento de grãos (Figura 17). O híbrido Pioneer 32R21 produziu mais massa seca que o Agroceres 303, a partir da terceira época de amostragem.

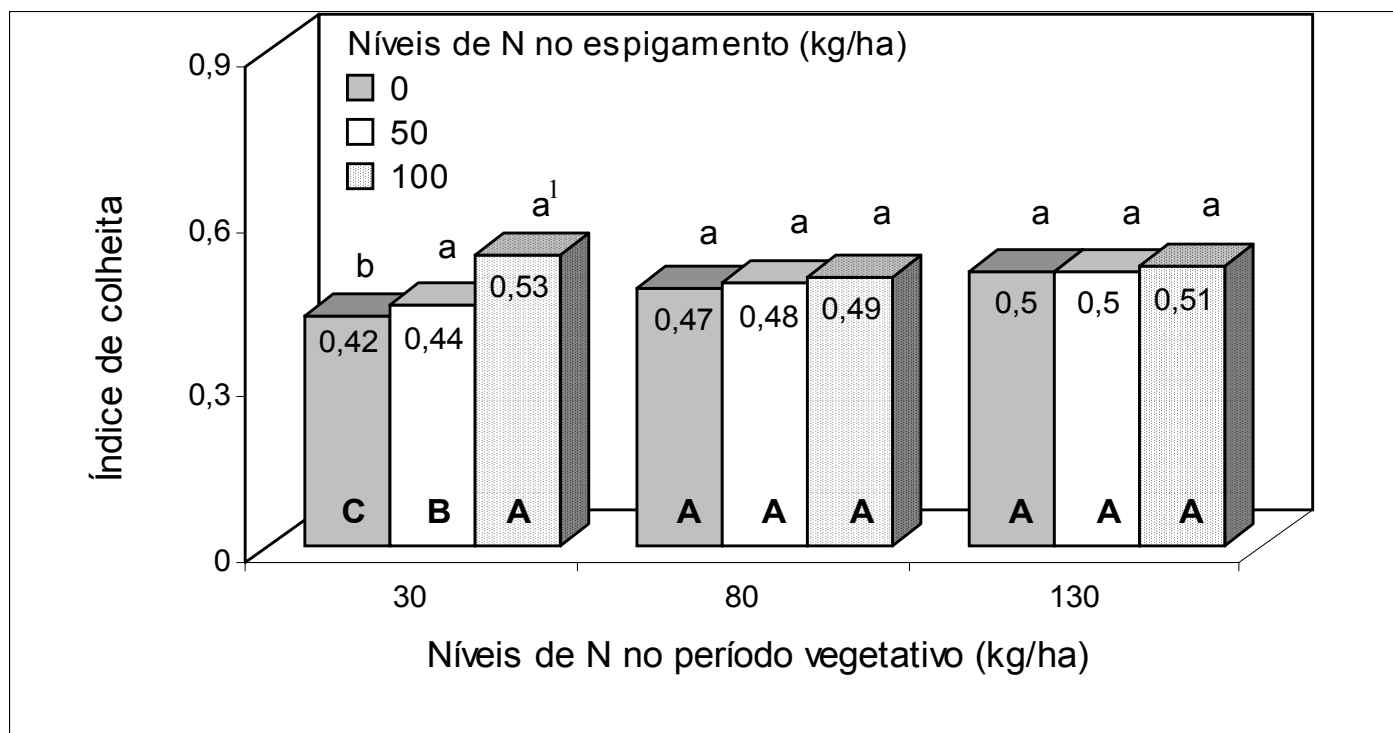


FIGURA 13 - Índice de colheita em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32 R21) de milho. Eldorado do Sul-RS , 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre níveis de N no vegetativo dentro do mesmo nível de N no espigamento ou maiúscula, comparação entre níveis de N no espigamento dentro do mesmo nível de N no vegetativo, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

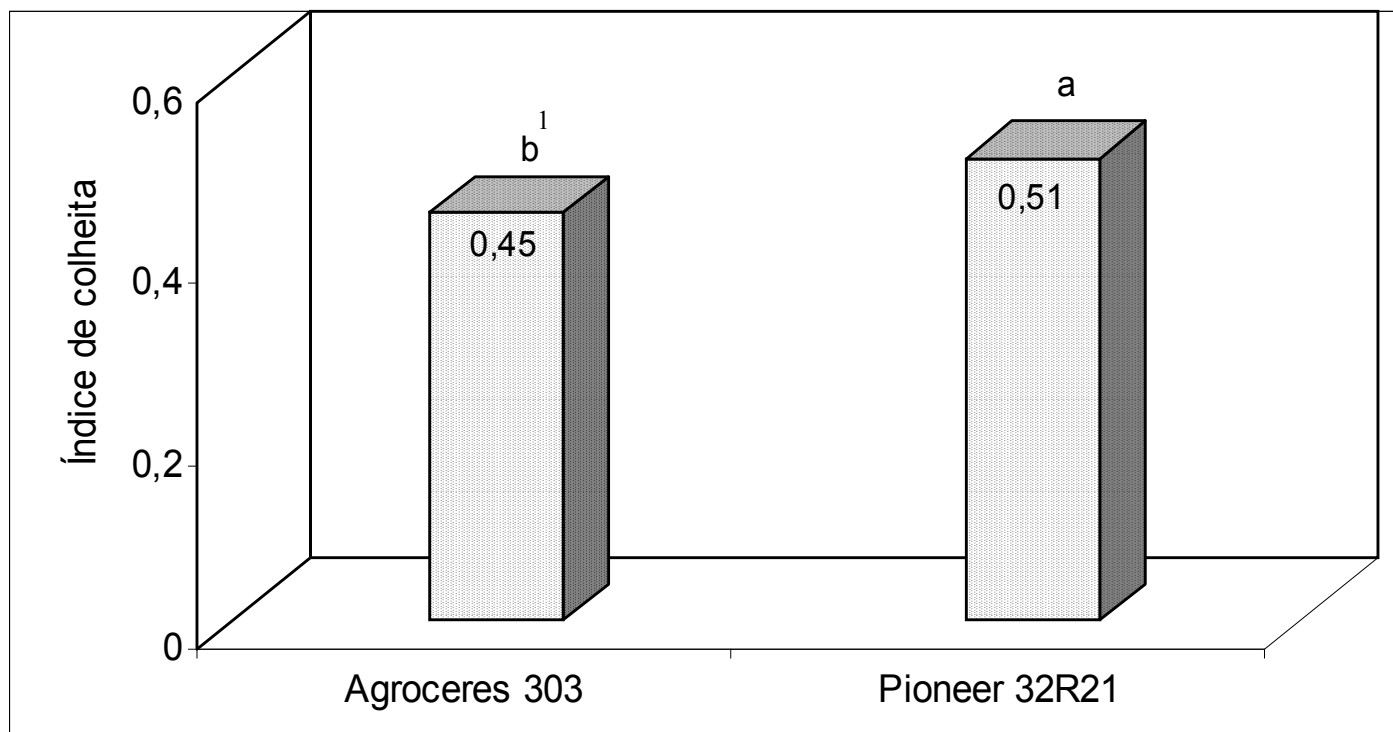


FIGURA 14 - Índice de colheita de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.  
<sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

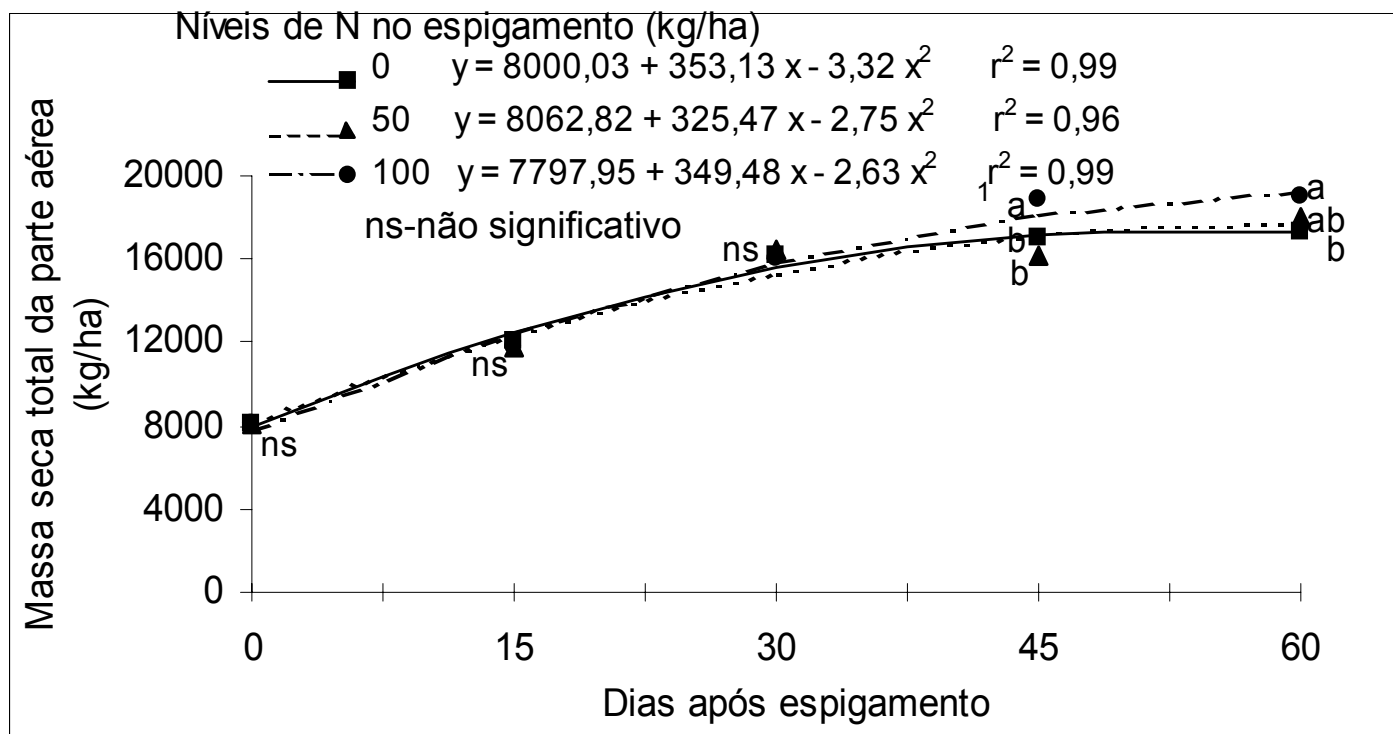


FIGURA 15 – A massa seca total da parte aérea ( parte vegetativa + grãos) durante o período de formação e enchimento de grãos em função de níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Na coluna, em cada época de amostragem, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

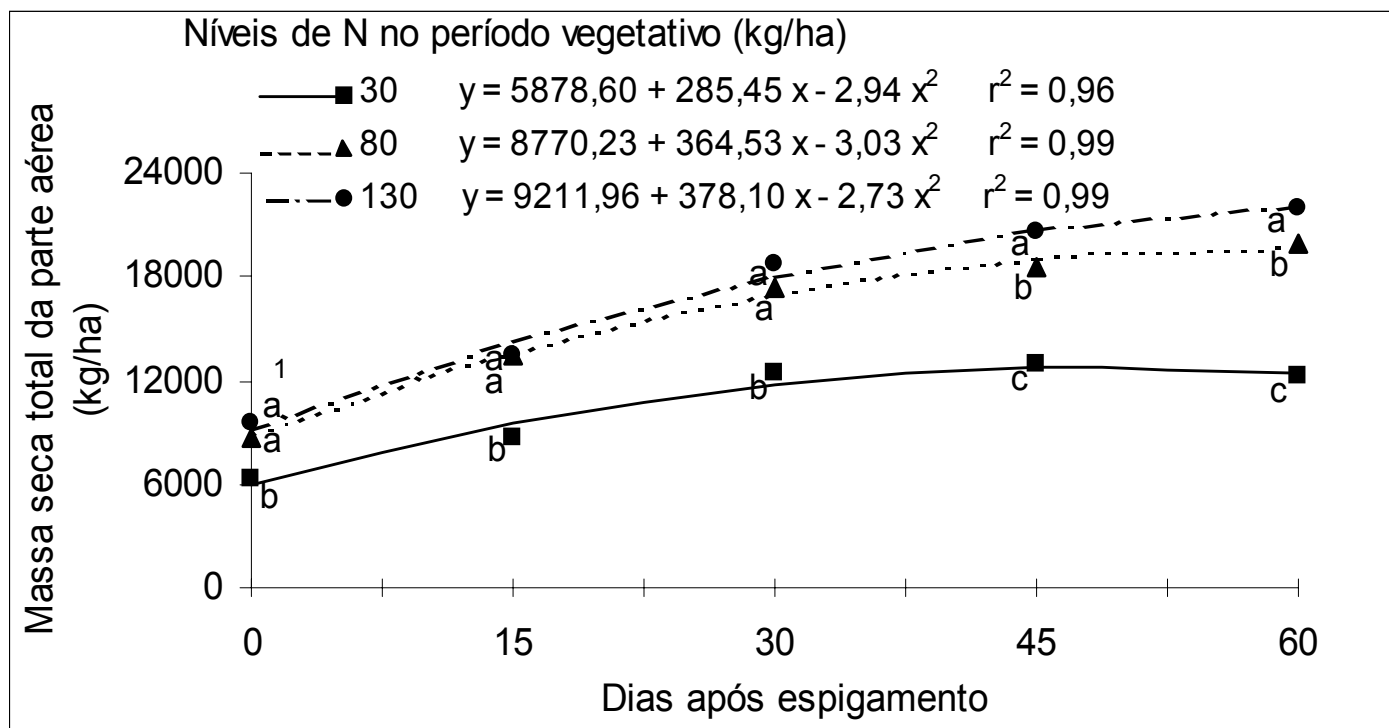


FIGURA 16 - Acúmulo de massa seca total na parte aérea da planta (parte vegetativa + grãos) durante o período de formação e enchimento de grãos em função de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agrocerec 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Na coluna, em cada época de amostragem, médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre níveis de N no vegetativo não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

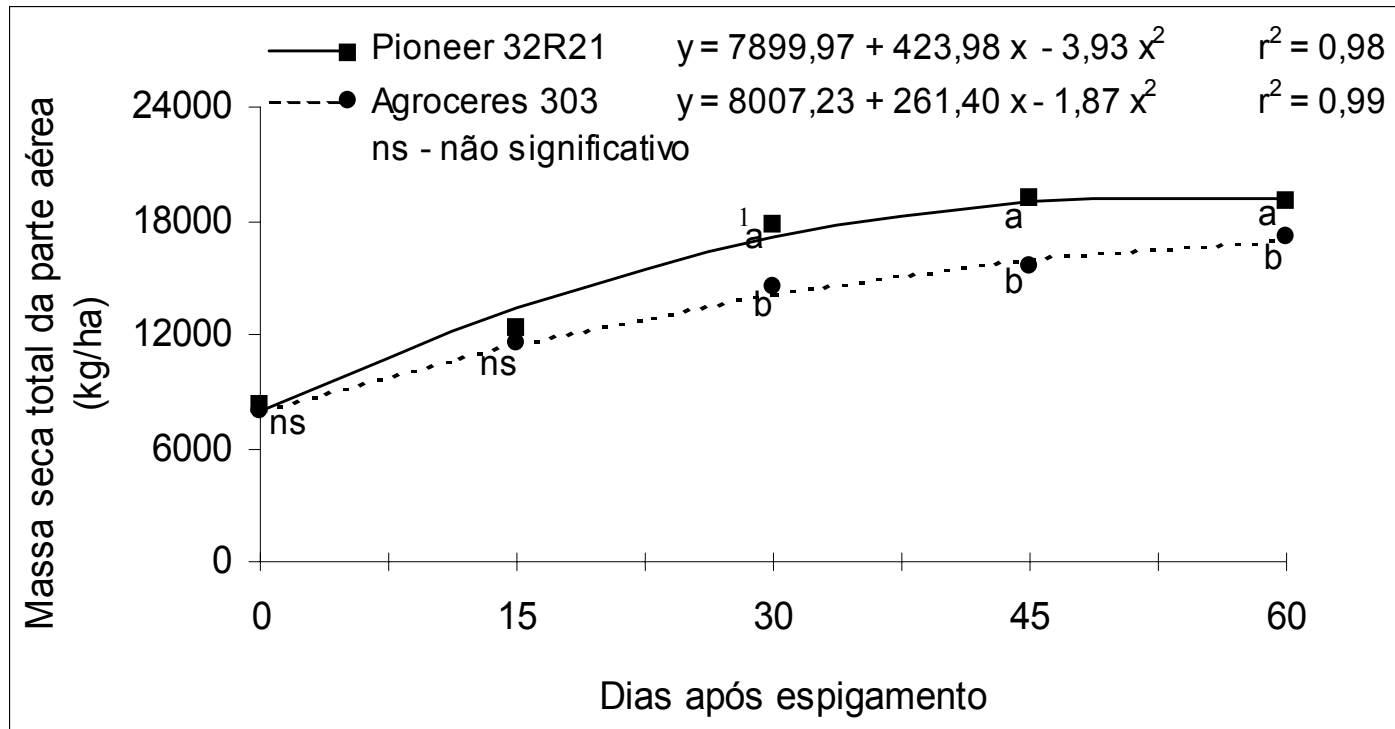


FIGURA 17 - Acúmulo de massa seca total da parte aérea da planta (parte vegetativa + grãos) durante o período de formação e enchimento de grãos em um híbrido antigo (Agroceres 303) e um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Na coluna, em cada época de amostragem, médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre híbridos não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. <sup>2</sup>Não significativo.

#### **4.7 Acúmulo de N na massa seca total na parte aérea**

Para quantidade de N acumulado na massa seca da parte aérea, foram significativas a interação dupla entre níveis de N aplicado no espigamento e épocas de amostragem, e a interação tríplice entre híbridos, níveis de N aplicado no período vegetativo e épocas de amostragem (Apêndice 3). Independente do nível de N aplicado no espigamento, a quantidade de N acumulado na parte aérea aumentou de forma quadrática durante o período de formação e enchimento de grãos (Figura 18). Em relação ao tratamento sem aplicação de N no espigamento, a aplicação de 100 kg/ha de N resultou em maior quantidade de N acumulado na massa seca total da parte aérea a partir da segunda época de amostragem e manteve-se até a última época de amostragem. A aplicação do nível intermediário de N (50 kg/ha) no espigamento não resultou em incremento do acúmulo de N na massa seca total da parte aérea em relação ao tratamento sem aplicação de N, em todas as épocas de amostragem.

Independente do nível de N aplicado no período vegetativo, a quantidade de N acumulado na parte aérea aumentou de forma quadrática durante o período de formação e enchimento de grãos nos dois híbridos (Figura 19 A e B). No Agroceres 303, com o nível mais baixo de N aplicado durante o período vegetativo, o acúmulo de N na parte aérea foi menor, a partir da segunda época de amostragem em relação aos níveis intermediário e alto (Figura 19 A). Entre os níveis de aplicação intermediário e alto de N, o acúmulo de N na parte aérea somente se diferenciou na segunda e quarta épocas de amostragem. No nível mais alto de N houve maior acúmulo de N na parte aérea.



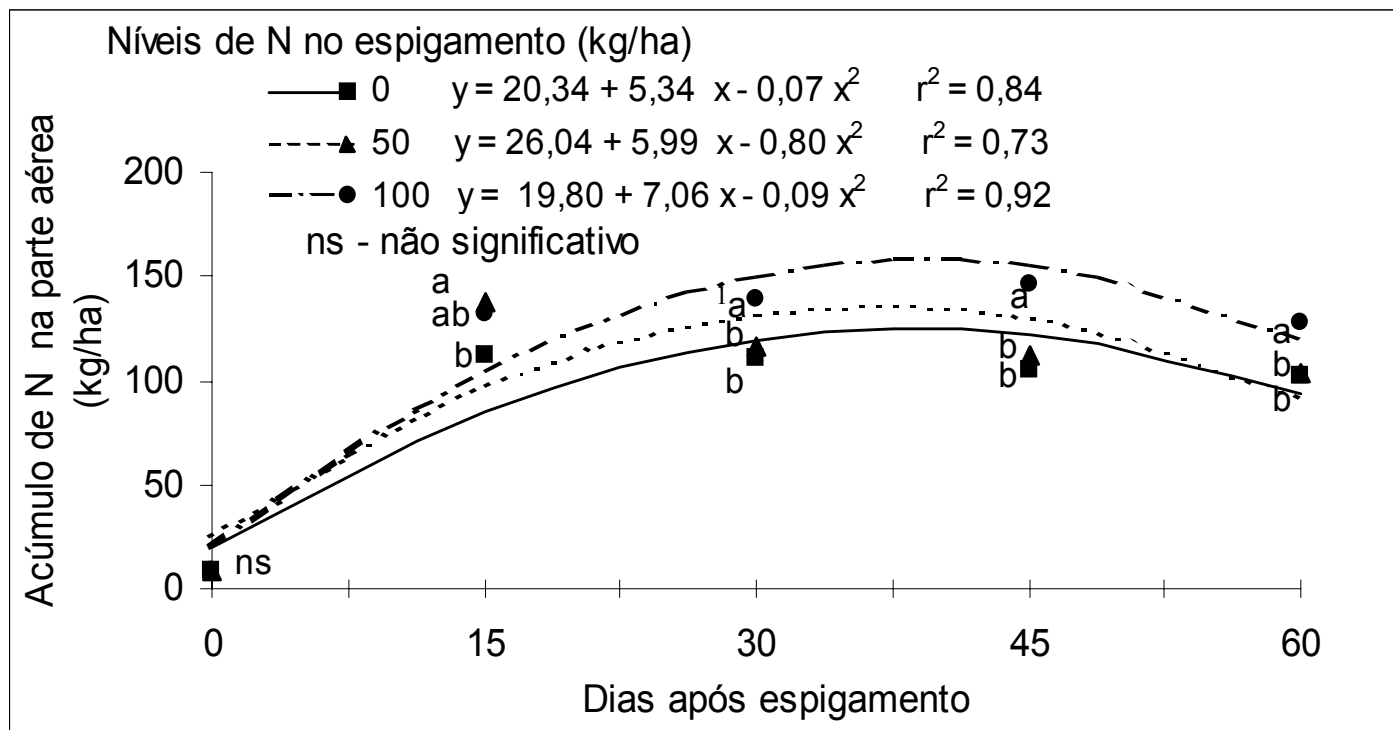


FIGURA 18 - Acúmulo de N na parte aérea (parte vegetativa + grãos) durante o período de formação e enchimento de grãos em função de níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Na coluna, em cada época de amostragem, médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre níveis de N no espigamento não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Não significativo-ns.

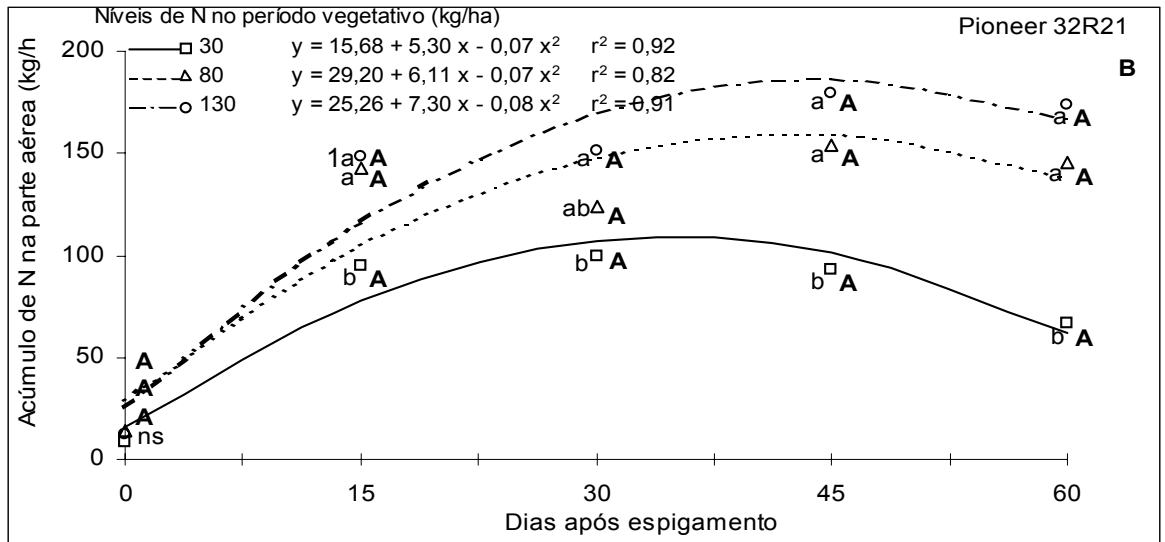
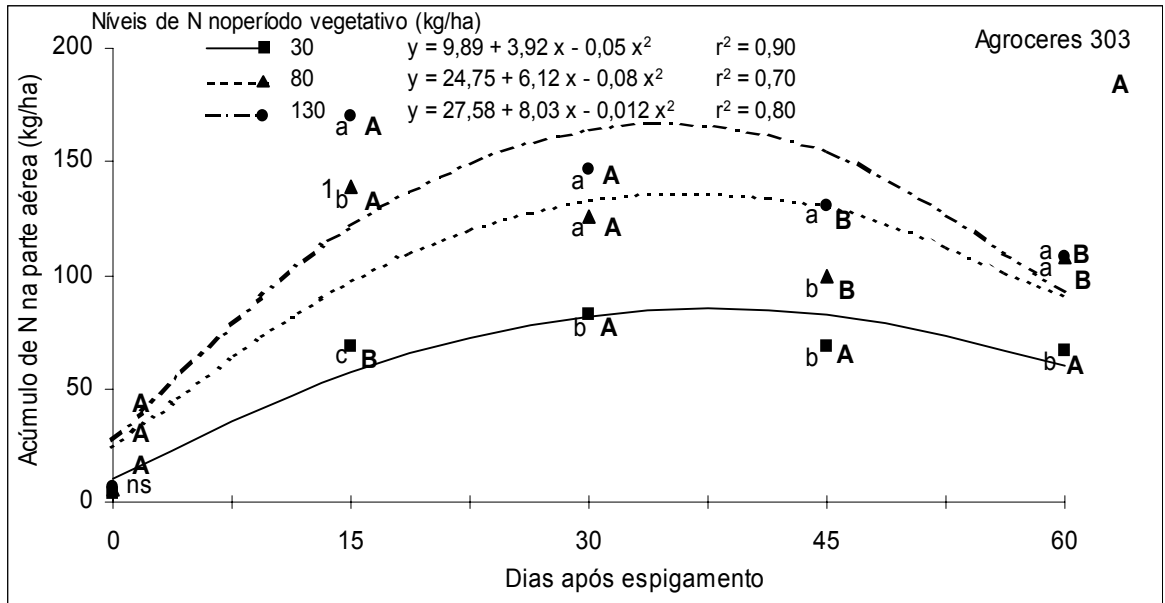


FIGURA 19 - Acúmulo de N na parte aérea (parte vegetativa + grãos) de A) de um híbrido antigo (Agroceres 303) e B) de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho durante o período de formação e enchimento de grãos em função de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup> Na coluna, em cada época de amostragem, médias seguidas pela mesma letra minúscula, comparação entre níveis de N no vegetativo dentro do mesmo nível de época e de cada híbrido ou letra maiúscula, comparação no mesmo nível de N no vegetativo e época e entre híbridos (Figura A Agroceres 303) e (Figura B Pioneer 32R21), não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para o Pioneer 32R21 no menor nível de N aplicado durante o período vegetativo, o acúmulo de N na parte aérea foi menor que nos níveis intermediário e alto já a partir da segunda época de amostragem. Não houve diferença significativa entre os níveis intermediário e alto de N no período vegetativo, em todas as épocas de amostragem (Figura 19 A). Entre híbridos somente houve diferença significativa na manutenção do acúmulo de N na parte aérea nas duas últimas épocas de amostragem no espigamento, nos níveis intermediário e alto de N aplicado no período vegetativo (Figura 19 AB).

#### **4.8 Acúmulo de massa seca na parte vegetativa**

Para acúmulo de massa seca na parte vegetativa (sem grãos), foram significativas as interações entre níveis de N aplicado no período vegetativo e épocas de amostragem e entre híbridos e épocas de amostragem (Apêndice 4). Independente do nível de N aplicado no período vegetativo, o acúmulo de massa seca da parte vegetativa aumentou de forma quadrática durante o período de formação e enchimento de grãos (Figura 20). Nos níveis intermediário e alto de aplicação de N no período vegetativo, o acúmulo de massa seca da parte vegetativa foi superior ao obtido com a aplicação do menor nível de N, em todas as épocas de amostragem (Figura 20) Ao se comparar os níveis intermediário e alto, não se observaram diferenças estatística em nenhuma das épocas de amostragem.

Para os dois híbridos, o acúmulo de massa seca da parte vegetativa aumentou de forma quadrática durante o período de formação e enchimento de grãos (Figura 21). O padrão de acúmulo de massa seca da parte vegetativa foi

muito similar entre os híbridos. Apenas na segunda e terceira épocas de amostragem é que houve pequena diferença no acúmulo na massa vegetativa entre os híbridos.

#### **4.9 Massa seca acumulada dos grãos**

Para massa seca nos grãos foram significativas as interações entre níveis de N aplicado no durante o período vegetativo e épocas de amostragem e entre híbridos e épocas de amostragem e o efeito simples de níveis de N aplicado no espigamento (Apêndice 5). Na média de três épocas de amostragem, o acúmulo de massa seca nos grãos aumentou 15% com a aplicação de 100 kg/ha de N no espigamento em relação ao tratamento sem aplicação de N (Figura 22). A massa seca nos grãos aumentou de forma linear durante o período de 30 a 60 dias após o espigamento nos níveis intermediário e alto e, de forma quadrática, no nível mais baixo de N aplicado durante o período vegetativo (Figura 24). Nas três épocas de amostragem, o acúmulo de massa seca nos grãos foi maior com a aplicação dos níveis intermediário e alto de N em relação ao nível mais baixo de N no período vegetativo. A diferenciação na resposta entre os níveis intermediário e alto começou a ocorrer a partir da amostragem realizada aos 45 dias após o espigamento e acentuou-se na última época de amostragem.

Para os dois híbridos, o acúmulo de massa seca nos grãos aumentou de forma linear durante o período de 30 a 60 dias após o espigamento (Figura 23). O acúmulo de massa seca nos grãos foi maior no Pioneer 32R21 em relação ao Agroceres 303, nas três épocas de amostragem.

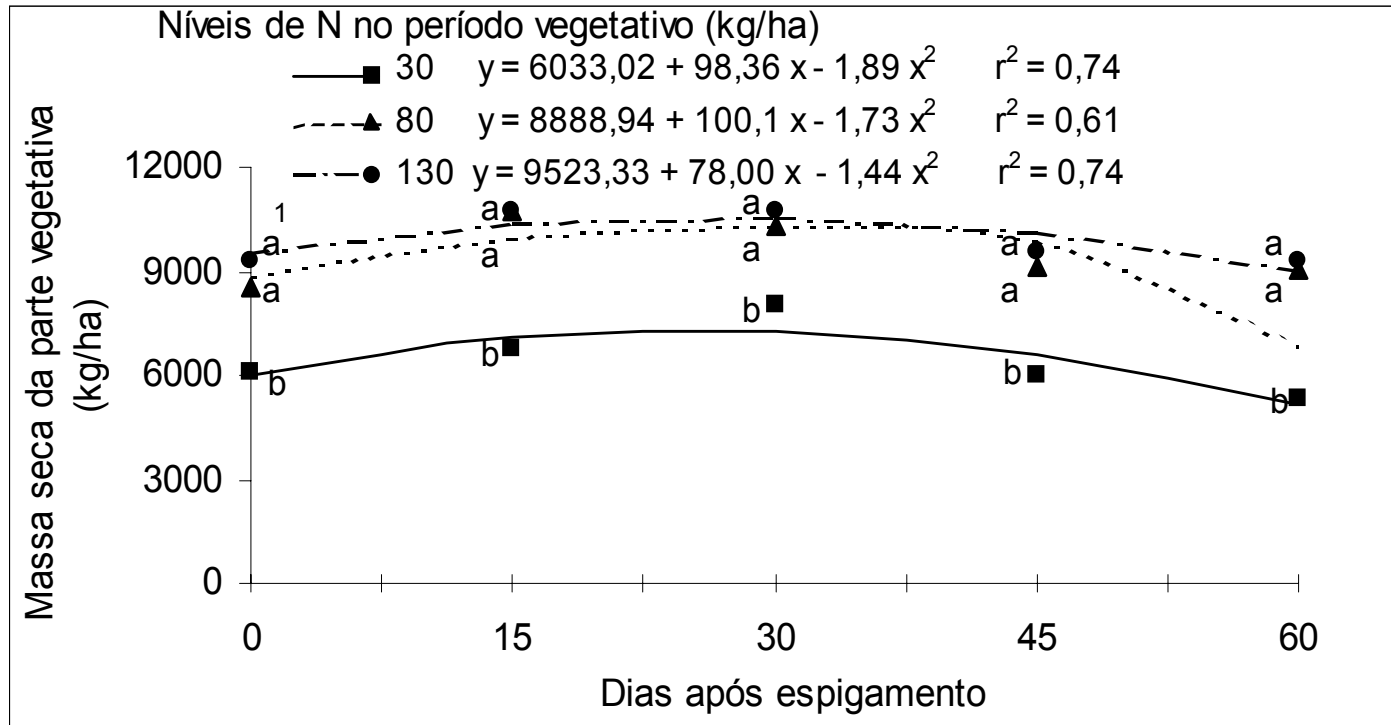


FIGURA 20 - Acúmulo de massa seca da parte vegetativa (sem grãos) durante o período de formação e enchimento de grãos em função de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agrocerees 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Na coluna, em cada época de amostragem, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Não significativo-ns.

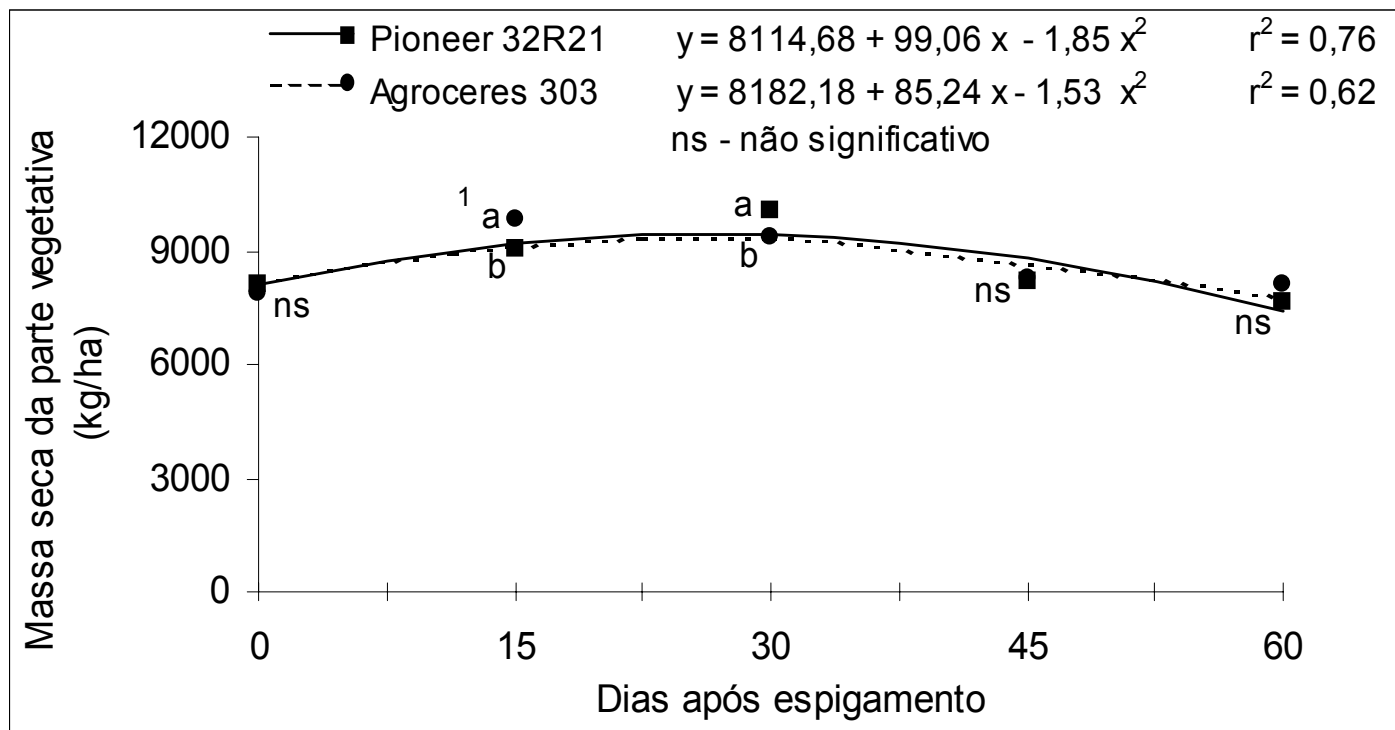


FIGURA 21 - Acúmulo de massa seca da parte vegetativa durante o período de formação e enchimento de grãos de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001.  
<sup>1</sup>Na coluna, em cada época de amostragem, médias seguidas pela mesma letra comparação entre híbridos não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

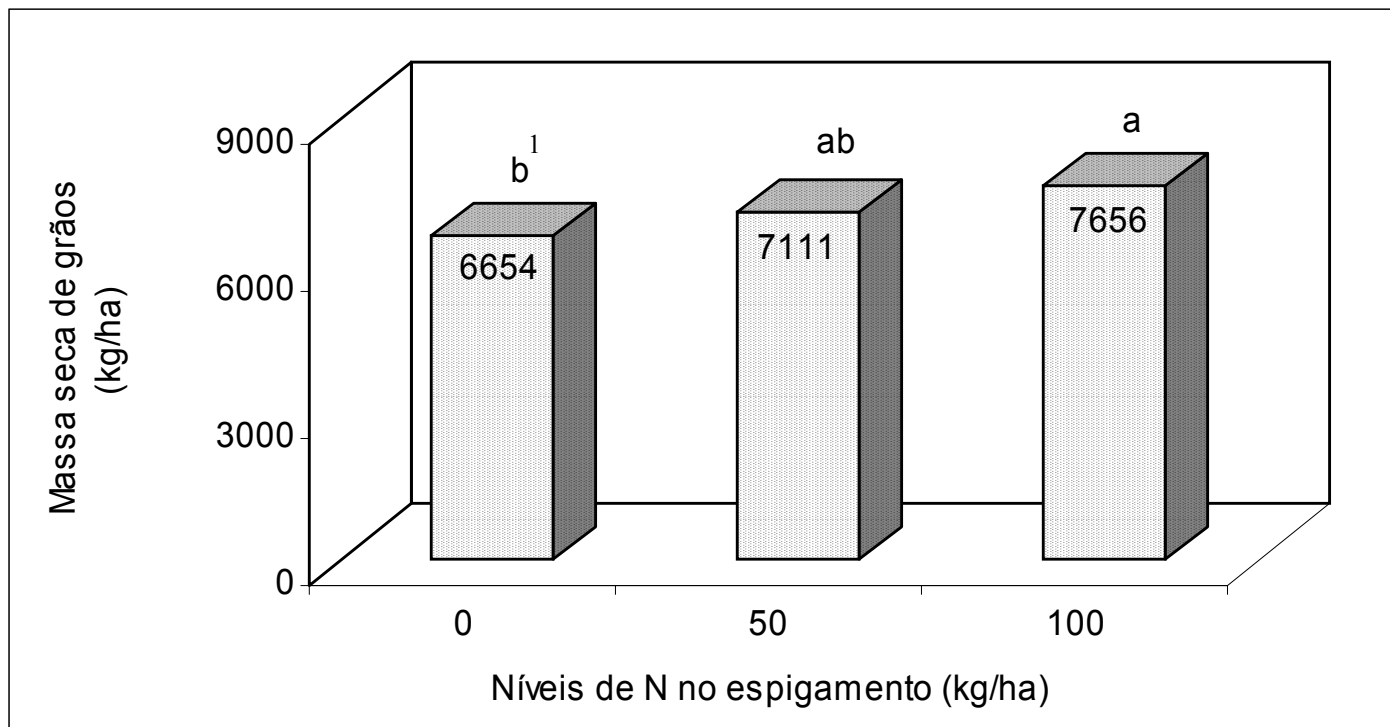


FIGURA 22 - Massa seca de grãos em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento, na média de um híbrido antigo (Agrocères 303) e um moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e de três épocas de amostragem: (30, 45 e 60 dias após o espigamento). Eldorado do Sul-RS 2001. <sup>1</sup>Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

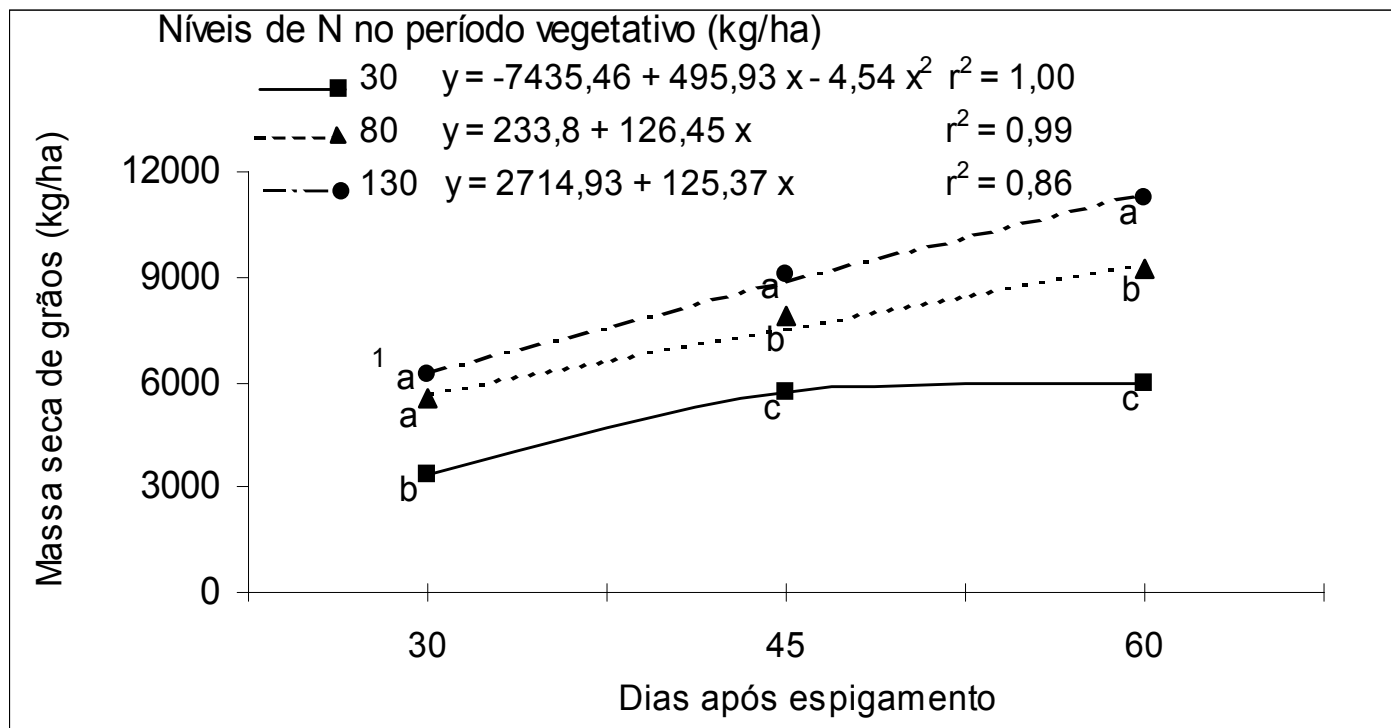


FIGURA 23 - Acúmulo de massa seca nos grãos no período entre 30 a 60 dias após o espigamento em três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo, na média de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho e de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Na coluna, em cada época de amostragem, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



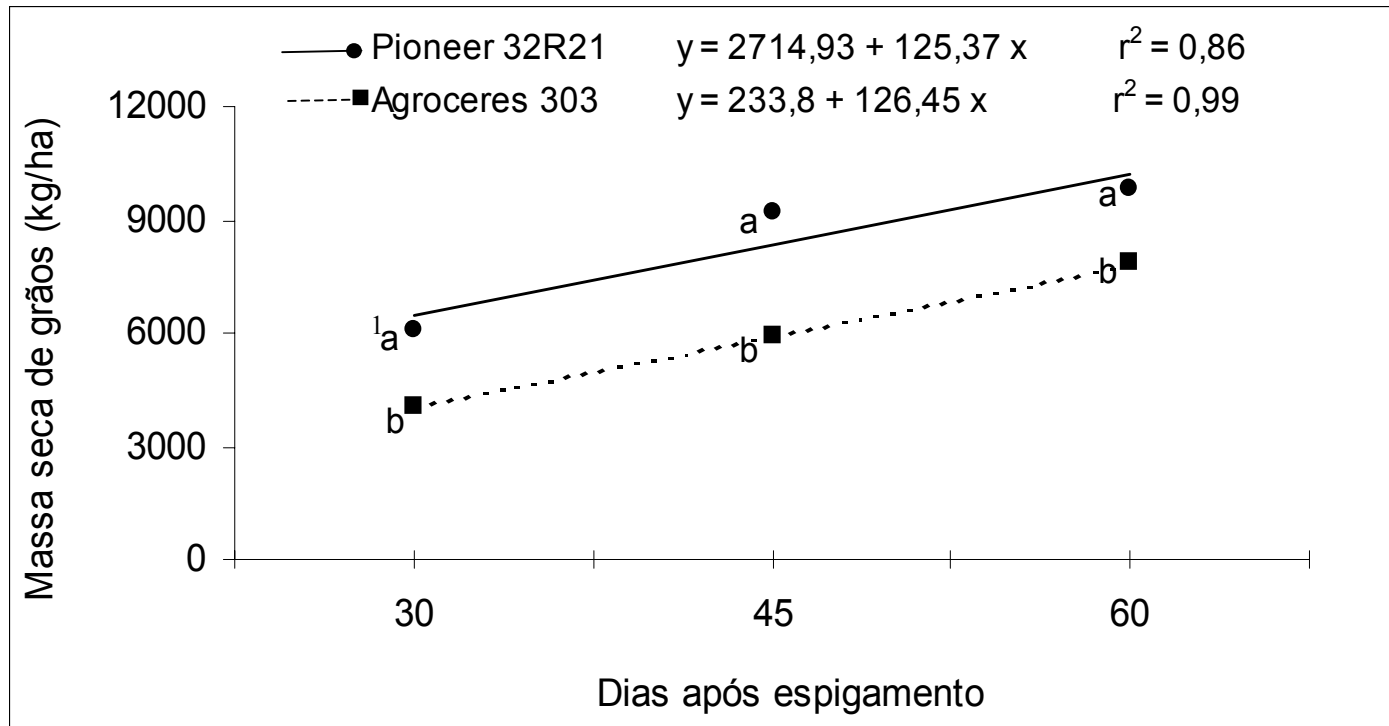


FIGURA 24 - Acúmulo de massa seca nos grãos no período entre 30 a 60 dias após o espigamento de um híbrido antigo (Agroceres 303) e de um híbrido moderno (Pioneer 32R21) de milho, na média de três níveis de adubação nitrogenada aplicada no período vegetativo e no espigamento. Eldorado do Sul-RS, 2001. <sup>1</sup>Na coluna, em cada época de amostragem, médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

## 5. DISCUSSÃO

O rendimento de grãos de milho variou de 4,4 a 13,1 t/ha. Esta variação foi devida ao manejo da adubação nitrogenada em cobertura tanto no período vegetativo quanto no espigamento, já que a adubação com fósforo e potássio, o controle de plantas daninhas e de pragas e a irrigação suplementar foram uniformes em toda área experimental. Também contribuiu para esta variação o fato do milho ter sido cultivado em sistema de semeadura direta em sucessão à aveia preta, que produziu elevado rendimento de massa seca (4,7 t/ha). Isto determinou que nos tratamentos com menor nível de N aplicado no período vegetativo e sem aplicação de N no espigamento, o rendimento de grãos obtido fosse muito baixo.

Os dois híbridos testados responderam à adubação nitrogenada no espigamento (Figura 1). No menor nível de N aplicado durante o período vegetativo (30 kg/ha), o rendimento de grãos aumentou 2,8 e 3,6 t/ha quando se aplicou, respectivamente, 50 e 100 kg /ha de N no espigamento, em relação ao tratamento sem aplicação de N. No nível mais alto de N (130 kg/ha) aplicado durante o período vegetativo, houve incremento de 0,7 e 1,7 kg/ha no rendimento

de grãos quando se aplicou 50 e 100 kg/ha de N no espigamento, respectivamente, em relação ao tratamento sem aplicação de N.

Estes resultados evidenciam que a aplicação de N no espigamento recuperou parte do potencial de rendimento de grãos, especialmente nos tratamentos com maior deficiência de N no período vegetativo (Figura 1). A aplicação tardia de N (espigamento) pode justificar-se em situações em que ocorra deficiência hídrica no período vegetativo e que não permita que o N seja aplicado durante este período. Por outro lado, a aplicação de tardia de N também poderia ser recomendada em situações em que há ocorrência de precipitação pluvial intensa, ou mesmo sob irrigação onde a vazão não é controlada, que determinam altas perdas deste nutriente por lixiviação. De acordo com Binder et al. (2000), quanto maior for a deficiência de N, mais cedo se deve aplicar o nitrogênio em cobertura para se obter o máximo rendimento de grãos. Entretanto, segundo estes autores é importante entender que a determinação da época ideal para aplicar o nitrogênio é diferente da determinação do estágio em que ainda se tem resposta com a aplicação deste nutriente. Assim, pode-se obter aumento no rendimento de grãos com aplicações tardias de nitrogênio quando se tem deficiência inicial deste nutriente. Contudo, o potencial de rendimento do milho já foi comprometido e não será mais atingido.

Além disso, a aplicação tardia de N no milho, significa disponibilizar este nutriente no início da fase linear do acúmulo de massa seca dos grãos, que ocorre cerca de 15 após o espigamento (Andrade et. al., 1999). Segundo estes autores, só após este estágio é que o número de grãos por espiga se concretiza para obtenção do rendimento final. Entretanto, a recomendação atual de adubação nitrogenada para a cultura do milho no RS e SC preconiza que, somente sob

condição de precipitação pluvial intensa, a adubação de cobertura deve ser parcelada, sendo a primeira aplicação quando a planta atinge 40 a 60 cm de altura e a segunda realizada até o pendoamento. No caso de haver baixa disponibilidade de água no solo até o final do período vegetativo, a adubação de cobertura pode ser suprimida (Comissão de Fertilidade do solo - RS/SC, 1995).

Esta recomendação indica que a base do manejo do N é o seu suprimento no início do ciclo da cultura. Provavelmente, porque se entendia que o objetivo da adubação de cobertura era estimular o maior número de espiguetas e de grãos por espiga (Programa..., 1999). Neste caso, é importante ressaltar que o efeito da adubação de cobertura quando a planta atinge 40 a 60 cm de estatura pode ou não se estender e abranger os processos fisiológicos posteriores, como a fixação do número de grãos formados e o seu enchimento que determinam a concretização do potencial de rendimento, principalmente nos híbridos modernos (Jones et. al., 1996).

O incremento do rendimento de grãos promovido pela adubação nitrogenada em cobertura no espigamento deveu-se ao aumento nos componentes número de espigas por metro quadrado (Figura 3) e peso do grão (Figura 7) e, nos tratamentos com menor nível de N aplicado no período vegetativo, também ao aumento no número de grãos por metro quadrado (Figura 5). O nitrogênio aplicado no espigamento foi absorvido pela planta de milho, independente do híbrido, pois se verificou um aumento no N acumulado na massa seca total (parte vegetativa + grãos) da parte aérea da planta já aos 15 dias após sua aplicação em relação ao tratamento sem aplicação (Figura 18). O N absorvido com a aplicação tardia de N acumulou-se principalmente nos grãos (Figura 9), já que o rendimento de massa seca na parte vegetativa (sem os grãos) não foi afetado

pela aplicação de N no espigamento (Apêndice 4). O fato do N ter sido acumulado especialmente nos grãos também pode ser evidenciado através da avaliação do teor de proteína nos grãos que, independente do híbrido aumentou à medida que se incrementou o nível de N aplicado no espigamento (Figura 11).

Os dois híbridos de milho responderam diferentemente à aplicação da adubação nitrogenada no espigamento (Figura 2). O híbrido liberado comercialmente para cultivo na década de 1980 (Agrocerees 303) respondeu à aplicação de N no espigamento até o nível de 50 kg/ha mantendo o rendimento estável com a aplicação da maior dose, enquanto o híbrido liberado em meados da década de 1990 (Pioneer 32R21) respondeu à aplicação de N até o nível mais alto (100 kg/ha) (Figura 2). Para o Agrocerees 303 houve um incremento de 1,3 t/ha no rendimento de grãos quando se aplicou 50 kg/ha de N no espigamento em relação ao tratamento sem aplicação, na média dos três níveis de N aplicado no período vegetativo. Já no Pioneer 32R21, o incremento foi de 2,7 t/ha com a aplicação de 100 kg/ha de N em relação ao tratamento sem aplicação de N.

Uma provável explicação para a maior resposta do rendimento à aplicação de N no espigamento do Pioneer 32R21 em relação ao Agrocerees 303 pode estar relacionada à introdução de algumas alterações nas características morfológicas da planta nos híbridos liberados mais recentemente. Isto ocorreu através da seleção dos programas de melhoramento para aumentar o potencial de rendimento de grãos, através do aumento da densidade de plantas, já que estes híbridos apresentam menor estatura de planta e folhas mais eretas (Duvick, 1984).

Neste contexto, a maior resposta do Pioneer 32R21 à aplicação de N no espigamento está relacionada, provavelmente, também a alterações fisiológicas que ocorreram, como a melhor distribuição de assimilados entre a sua parte vegetativa e a reprodutiva em relação ao Agrocere 303, evidenciado pelo maior número de grãos por metro quadrado do Pioneer 32R21 (Figura 6). O maior número de grãos por metro quadrado pode ter acarretado uma distribuição mais homogênea de fotoassimilados neste híbrido, por necessitar de uma maior quantidade de N para suprir em quantidade adequada o período de formação e enchimento de grãos. Também, o fornecimento de N no espigamento pode propiciar que este elemento esteja mais disponível para ser drenado para os grãos, ocasionando com isso, acentua ainda mais a demanda dos grãos por N, e proporcionando maior fixação de grãos e, conseqüentemente, maior rendimento de grãos.

O híbrido Pioneer 32R21 teve maior aproveitamento do N aplicado no espigamento em relação ao Agrocere 303 (Figura 2), acumulando mais massa seca total (parte vegetativa + grãos) na parte aérea já a partir de 30 dias após o espigamento (Figura 17). Ao se comparar, somente a parte vegetativa (sem grãos) os dois híbridos não diferiram (Figura 21). No mesmo acúmulo de massa seca de grãos do Pioneer 32R21 foi superior ao Agrocere 303, nas três épocas de amostragem (Figura 24).

Outra característica que pode interferir no aproveitamento da adubação de N no espigamento, pelos híbridos liberados comercialmente para cultivo em diferentes décadas, é a maior tolerância do genótipo de garantir parte do rendimento de grãos sob condição de deficiência de N na fase de floração (Duvick, 1984; Carlone & Russel, 1987). Nesse sentido, constataram maior rendimento de

grãos dos mais recentes em relação aos mais antigos, tanto sob altos níveis de fertilidade do solo, como também, sob condições de deficiência hídrica e de nitrogênio.

Isto pode indicar que ocorre alguma alteração nos híbridos mais recentes quanto à necessidade de uso de N durante o período vegetativo e reprodutivo. Nos híbridos mais recentes, a necessidade de N no período reprodutivo aumentou (Jones et. al., 1996). Segundo estes autores isto deveu-se ao incremento de alguns dos componentes do rendimento (número e peso de grãos) que, segundo Andrade et.al. (1999) são fixados durante o período reprodutivo.

O nitrogênio aplicado no espigamento foi absorvido pela planta de milho, independente do híbrido, pois, se verificou um aumento no N acumulado na massa seca total da parte aérea (parte vegetativa + grãos) da parte aérea da planta já aos 15 dias após sua aplicação (Figura 18). Contudo, somente houve diferença significativa entre híbridos nas últimas épocas de amostragem no espigamento, nos níveis intermediário e alto de N aplicado no período vegetativo (Figura 19 AB). Este fato pode indicar que a maior absorção do N no espigamento pode ter prolongado a senescência das folhas do Pioneer 32R21 em relação ao Agrocerec 303. Desta forma, houve a manutenção da clorofila das folhas, o que permitiu a remobilização de N para o seu maior número de grãos (Figura 6) e massa seca de grãos (Figura 24).

Neste sentido, outros autores também observaram maior tolerância dos híbridos liberados nas últimas décadas à deficiência de nitrogênio durante o período vegetativo, e maior acúmulo de massa seca total da parte aérea, principalmente no espigamento e enchimento de grãos, já que o índice de colheita

permaneceu constante (McCullough et al., 1994). No experimento, o híbrido Pioneer 32R21 produziu mais massa seca que o Agroceres 303, em todas as épocas de amostragem, embora estatisticamente isto não tenha se evidenciado nas duas primeiras épocas de amostragem. O acúmulo de massa seca total da parte aérea começou a se diferenciar entre híbridos a partir dos 30 dias após o espigamento (Figura 17).

Devido a todas essas diferenças entre híbridos liberados em diferentes décadas, a resposta de 1,3 t/ha de incremento no rendimento de grãos com a adubação nitrogenada tardia (espigamento) não era esperada para o Agroceres 303, que é um híbrido duplo, ciclo normal, possui plantas de maior tamanho de pendão com maior estatura, maior número de folhas decumbentes em relação ao Pioneer 32R21. Um dos fatores que contribuiu para a obtenção de resposta para o Agroceres 303 foi a utilização de cobertura de Aveia preta como cultura antecessora e, também ao baixo teor de matéria orgânica do solo e a adequada disponibilidade hídrica garantida pela irrigação suplementar (Apêndice 6).

Independente do nível de N aplicado no espigamento, e de híbrido, o rendimento de grãos aumentou à medida que se elevou o nível de N no período vegetativo (Figura 1). Nos tratamentos sem aplicação de N no espigamento, o rendimento de grãos aumentou de 4,4 para 11,4 t/ha com o incremento do nível de N de 30 para 130 kg/ha de N aplicado no período vegetativo. Contribuíram para esta resposta o fato do solo da área experimental ter 2% de matéria orgânica e, como cultura anterior ao milho, haver um cultivo de aveia preta com alta produtividade de palha. Este último fato determinou grande imobilização de N no processo de sua decomposição. O aumento do rendimento de grãos em resposta ao incremento dos níveis de N no período vegetativo deveu-se, principalmente, ao



aumento do número de grãos por metro quadrado (Figura 5) e também, a um pequeno incremento no peso do grão (Figura 8), já que o número de espigas por metro quadrado não foi afetado pelo nível de N aplicado no período vegetativo (Apêndice 1).

Independente dos níveis de N aplicado no período vegetativo e no espigamento, o Pioneer 32R21 foi mais produtivo que o Agrocere 303 porque produziu maior número de espigas por metro quadrado (Figura 4) e número de grãos por metro quadrado (Figura 6) já que, o peso do grão não variou entre os híbridos (Apêndice 1). O maior número de espigas por metro quadrado deveu-se ao uso da maior densidade de planta no Pioneer 32R21, em relação ao Agrocere 303. Este fato indica que o maior potencial de rendimento dos híbridos mais recentes em relação aos antigos depende do N no espigamento, principalmente, para suprir o maior número de grãos (Figura 4) e fornecer N suficiente para o sua fase linear de acúmulo de massa seca e pico de enchimento que ocorre cerca de 45 dias após o espigamento (Figura 18). Entretanto, mesmo com a disponibilidade de N no espigamento não significa que os grãos sejam maiores e mais pesados. Neste caso, o resultado obtido difere do encontrado na literatura de Jones et. al. (1996). Segundo estes autores, grãos maiores e mais pesados são características que se confere nos híbridos de alto potencial produtivo, devido a maior força de dreno, provocado pelo fato do N estar mais disponível durante o seu processo de formação e enchimento de grãos.

Além de aumentar o rendimento de grãos, a aplicação de N no espigamento, também aumentou o teor de proteína dos grãos. Nos dois híbridos, o teor de proteína aumentou com a aplicação de N no espigamento (Figura 11). Para o Agrocere 303, o incremento foi de 22% quando se aplicou 100 kg/ha de N no

espigamento em relação ao tratamento sem aplicação. Já no Pioneer 32R21, o incremento foi de 16% com a aplicação de 100 kg/ha de N em relação ao tratamento sem aplicação de N no espigamento. Esta resposta difere dos resultados obtidos por alguns autores que observaram correlação inversa entre incremento no rendimento de grãos e qualidade de grãos (Dudley et al., 1977).

O Agrocerec 303 aumentou o rendimento de grãos até a dose de 50 kg/ha no espigamento, não respondendo à dose mais elevada. No entanto, neste híbrido houve reflexo da aplicação da maior dose de N no teor de proteína nos grãos, que aumentou 22%. Diferentemente, o Pioneer 32R21 aumentou o rendimento de grãos até à aplicação da dose mais alta de N no espigamento, tendo evidenciado menor incremento no teor de proteína nos grãos. Com isso, a aplicação de N no espigamento, além de proporcionar a formação de grãos maiores nos dois híbridos, os quais são desejados para ração animal como fonte energética, aumentou os seus teores de proteína, que pode determinar também a diminuição do uso de outras fontes deste componente na formulação de rações balanceadas para animais, tal como, o farelo de soja. Devido a isso, o maior teor de proteína nos grãos de milho resultante da aplicação tardia de N pode implicar em diminuição de custos, pois a proteína é o fator que mais encarece as dietas (Cheeke, 1991).

Embora não tenha sido determinado no presente trabalho, outra possível vantagem do aumento do teor de proteína nos grãos com a aplicação tardia de N é a redução na sua suscetibilidade ao quebramento (Tsaí et al., 1992). Estes autores observaram além do incremento no rendimento de grãos, aumento no teor de proteína nos grãos com aplicação de nitrogênio, sendo isso, acompanhado pelo incremento na quantidade de zeína presente no endosperma.

Em outro trabalho, foi relatado que uma das maneiras de se explicar o aumento da suscetibilidade ao quebramento de grãos devido à deficiência de nitrogênio no solo está relacionada à menor assimilação deste nutriente e menor teor de proteína e, conseqüentemente, ao menor acúmulo de zeína durante o enchimento dos grãos (Tsaí et al., 1983). A menor suscetibilidade de grãos ao quebramento é uma característica que também agrega valor comercial à cultura, pois lotes com qualidade para exportação devem conter grãos uniformemente grandes e sem quebramento para diminuir impurezas (Hill, 1981).

## 6. CONCLUSÕES

A resposta do rendimento de grãos dos dois híbridos à aplicação de N no espigamento depende do nível de aplicação de N no período vegetativo, sendo maior quando à maior deficiência de N.

O rendimento de grãos do híbrido Pioneer 32R21, liberado comercialmente para cultivo em meados da década de 90, apresenta maior resposta à aplicação de N no espigamento do que o híbrido Agrocerec 303, liberado na década de 1980.

O aumento do rendimento de grãos com a adubação nitrogenada no espigamento deve-se ao incremento do número de espigas por metro quadrado, ao incremento no peso de grãos e, no tratamento com maior deficiência de N no vegetativo, também ao incremento no número de grãos por metro quadrado.

Os dois híbridos absorvem o N aplicado no espigamento uma vez que há maior acúmulo de N de massa seca e nos grãos em relação ao tratamento sem aplicação de N.

A adubação nitrogenada no espigamento aumenta o teor de proteína nos grãos, especialmente no híbrido Agrocerec 303.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, J.C. **Disponibilidade de Nitrogênio para o Milho em Sistemas de Cultivo e Preparo do Solo**. 1997. 210 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ANDRADE, H. F.; VEGA, C.; WHART, S.; GRILO, A.; CANTARERO, M.; VALENTINUS, O. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v.39, p.453, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5 , p. 1075-1084, 2001.

ARGENTA, G. **Monitoramento do Nível de Nitrogênio na Planta como Indicador da Adubação Nitrogenada em Milho**. 2001. 113 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ARNOLD, J.M.; BAUMAN; AYCOCK H.S. Interrelations among protein, lysin, oil, certain mineral element concentrations, and physical kernel characteristics in two maize population. **Crop Science**, Madison, v.17, p. 421-425, 1977.

BALIGAR, V. C.; UNCAN, 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.

BALKO, L.G.; RUSSEL, W.A. Response of maize inbred lines to N fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.723-728, 1980.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Santa Maria, v.24, p.905-915, 2000.

BEAUCHAMP, E.G.; KANNENBERG, L.W.; HUNTER, R.B. Nitrogen accumulation and translocation in corn genotypes following silking. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, p.418-422, 1976.

BECANA, M.; APARICIO, P. M.; SANCHES-DIAS, M.. Effects of water stress on enzymas of ammonia assimilation in root nodules of alfafa (*Medicago sativa*). **Plantarum Physiology**, Belmont, v. 61, p.655-657.1984.

BERGAMASCHI, H. GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Agronômica**. Porto Alegre : Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, 1990. 91 p.

BINDER, D.L.; SANDER, D.H; WALTERS, D.T. Maize response to time of nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p.1228-1236, 2000.

BISOTTO, V. Algumas considerações sobre a cultura do milho. In: INDICAÇÕES técnicas para cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO, 2001. 135p. (Boletim Técnico, 7)

BHATIA, C.R.; RABSON, R. Relationship of grain yield and nutritional quality. In: NUTRITIONAL quality of cereal grains: genetics and agronomic management. Madison, WI : American Society of Agronomy, p.11-14, 1987.

BORTOLINI, G. C. **Eficiência do Método de Adubação Nitrogenada em Pré-Semeadura do Milho Implantado em Semeadura Direta Após Aveia Preta**. 2000. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

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

CABRAIA, J. Mecanismos de tolerância à toxidez de alumínio em plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FISIOLOGIA, 2., Piracicaba, 1989. **Anais...** Piracicaba : SBFV/ESALQ, 1989.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H.. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-198.

CARLONE, M.R; RUSSEL, W.A. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. **Crop Science**, Madison, v.27, p.465-470, 1987.

CERETTA, C.A. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto In: NUREMBERG, N.J.(Ed). **Conceito e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages : Sociedade de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 1998. p.111-120

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Santa Maria, v. 26, p.163-171, 2002.

CHEEKE, P.R. **Applied animal nutrition** : feeds and feeding. New York : MacMillan, 1991. 504p. il. Cap. 4: Protein sources.

.COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina** 3.ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995.

CRAWFORD, N. M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth **The Plant Cell**, Rockville, v.7, p.859-868, 1995.

DOOREMBOS, J.; PRUIT, W. O. **Crop water requirement**. Roma: FAO, 1976. 196p.

DUDLEY, J.W.; LAMBERT, R.J. DE LA ROCHE, I.A. Genetic analysis of crosses among corn strains divergently selected for percent oil and protein. **Crop Science**, Madison, v.7, p.111-117, 1977.

DUVICK, D.N. Genetic contributions to yield grains of U.S. hybrid maize, 1930 to 1980. In: GENETIC contributions to yield grains of five major crop plants. Madison : ASA; CSSA, 1984. p.15-47.

DUVICK, D.N.; CASSMAN, K.G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the north-central United States. **Crop Science**, Madison, v.39, p. 1622-1630, 1999.

DWYER, L.M.; ANDERSON, A.M.; DOUGLAS, W.S.; TOLLENAAR, M. Changes in maize hybrid photosynthetic response to leaf nitrogen, from pre-anthesis to fill grain. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, p. 1221-1225, 1995.

DWYER, L.D.; TOLLENAAR, M.; STEWART, D. W. Changes in plant density dependence of leaf photosynthesis of maize (*Zea mays L.*) hybrids, 1959 to 1988. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 71, p.1-11, 1991.

DWYER, L.M.; TOLLENAAR, M. Genetic improvement in photosynthetic response of hybrid maize cultivars 1959 to 1988. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.69, p.81-91, 1989.

DUKE, S.H.; DUKE, S.D. Light control of extractable nitrate reductase activity in higher plants. **Plantarum Physiology**, Belmont, v. 62, p.485-493, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

ERNANI, P.R. Nutrição e produtividade de espécies vegetais em sistemas de plantio direto e convencional. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE: MILHO & FEIJÃO, 2. , Lages, 1999. **Resumos...** Lages: UDESC/EPAGRI, 1999. v.1, p.19-30.

FEIL, B.; THIRAPORN, R.; GEISLER, G.; STAMP, P. Yield, development and nutrient efficiency of temperate and tropical maize germoplasm in the tropical

lowlands. II. Uptake and redistribution of nitrogen, phosphorus and potassium. **Maydica**, Bergamo, IT, v.37, p.291-300, 1992.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEB, 1992. 273p.

FORSTHOFER, E. L.; SILVA, P.R F. da; ARGENTA, G. et al. Crescimento e desenvolvimento de híbridos de milho em três épocas de semeadura. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 46. ; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 29., Porto Alegre, 2001. **Anais...** Porto Alegre : EMATER : FEPAGRO, 2001. (CD-ROOM).

HAGEMAN, R. H. Nitrate metabolism in roots and leaves. In: J. C. SHANNON et al. (ed). **Regulation of carbon and nitrogen reduction and utilization in maize**. Rocville: American Society Physiology, 1986. p.105-116.

HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K.J.; BENETT, J.M.; SINCLAIR, T. R. et al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. Chapt. 11 A. p.285-302.

HILL, L.D. Quality problems in exporting U.S.corn. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH, 36., 1982, Washington, DC. **Proceedings...** [S.I.] : American Seed Trade Association, 1982. p.191-198.

HUPPE, H.C.; TURPIN, D.H. Integration of carbon and nitrogen metabolism in plant and algal cells. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, Palo Alto, v.45, p.577-607, 1994.

IBGE. **Levantamento de recursos naturais**. Porto Alegre, 2002.

IBGE. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, 1986. v.33, 796p.

IPAGRO. Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 210p.

JONES, R.J.; SCHREIBER, B.M.N.; ROESSLER, J.A. Kernel sink capacity in maize: genotypic and maternal regulation. **Crop Science**, Madison, v.35, p.301-306, 1996.

KNIEP, K.R.; MASON, S.C. Kernel breakage and density of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen. **Crop Science**, Madison, v.29, p.158-163, 1989.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F.N. N uptake and distribution in plant canopies. In LEIMARE, G. (Ed.). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Berlin: Springer, 1997. p.1-56.

LOPES, M.A.; MAGNAVACA, R.; GAMA, E.E.G. et al. Mejoramiento de mays para adaptacion a los suelos Del "cerrado" brasileño. In: SEMINARIO MEJORAMIENTO PARA TOLERANCIA A FACTORES AMBIENTALES



ADVERSOS EN EL CULTIVO DE MAIZ, 3., Quito, 1987. **Anais...** Quito : IICA : BID : PROCIANDINO, 1988. 53-105.

MACHADO, A.T.; MAGALHAES, J.R. Melhoramento de milho para uso eficiente de nitrogênio sob condições de estresse. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA, 1995, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte: EMBRAPA/CNPMS, 1995. 449p. p.321-343.

MANOHARKUMAR, B.; GERSTENKORN, P.; ZWINGELBERG, H.; BOLLING, H. On some correlations between grain composition and physical characteristics to the dry milling performance in maize. **Journal of Food Science and Technology**, Rajasthan, v.15, p.1-6, 1978.

MAHLER, R.L.; KOEHLER, F.E.; LUTCHER, L.K. Nitrogen source, timing of application, and placement: effects on winter wheat production. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p.637-642, 1994.

McCULLOUGH, D.E.; AQUILERA, A.; TOLLENAAR M. N uptake, N partitioning, and photosynthetic N-use efficiency of an old and a new maize hybrid. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.74, p.479-484, 1994a.

McCULLOUGH, D. E.; GIRARDIN, P.; MIHAJLOVIC, M. et al. Influence of N supply on the development and dry matter accumulation of an old and a new maize hybrid. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.74, p.471-478, 1994b.

MEISINGER, J.J. Evaluating plant available nitrogen in soil crop systems In: HAUCK, K. D. **Nitrogen in crop production**. Madison : Soil Science Society of America, 1984. p.391-417.

MUNDSTOCK, C.M.; SILVA, P.R..F. da. **Manejo da Cultura do Milho**. Porto Alegre : Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS, 1989. 76 f. Datilografado.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L. **O milho no Paraná**. Londrina : Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1992. p.88-95. (Circular 29)

NOLDIN, A.J. **Rendimentos de Grãos, Componentes de Rendimento e Outras Características de Plantas de três Cultivares de milho em Duas Épocas de Semeadura**. 1985. 149 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

OIKEH, S.O.; KLING, J.G.; OKORUWA, A.E. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the West Africa moist savanna. **Crop Science**, Madison, v.38, p.1056-1061, 1998.

PAULSEN, M.R.; HILL, L.D. Corn quality factors affecting dry milling performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.31 ,p.255-263, 1985.

POWER, J.F. **The role of legumes in conservation tillage systems**. Ankeny : Soil Conservation Society of America, 1987. 153p.

PROGRAMA MULTIINSTITUCIONAL DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA EM MILHO DO RIO GRANDE DO SUL. **Recomendações técnicas para cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO : EMATER/RS : FECOAGRO/RS, 1999. 144p. (Boletim Técnico, 6)

INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA CULTURA DE MILHO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Programa multiinstitucional de difusão de tecnologia em milho do rio grande do sul**. Porto Alegre: FEPAGRO : EMATER/RS : FECOAGRO/RS, 2001. 195p. (Boletim Técnico, 7)

RAJCAN, I.; TOLLENAAR, M. Source: sink ratio leaf senescence in maize:1.dry matter and partitioning during grain filling. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.60, n.2, p.245-253, 1999.

RHODES, D.; HANDA, S. **Nitrogen metabolism and environmental stress: water deficits and salinity stress**. Article presented at the NATO workshop on Biochemical and Physiological Mechanisms Associated with Environmental Stress Tolerance In Plants, Nerwich, [s.l.], 1987.

RUSSEL, W. A. Genetic improvement of maize yields. **Advances In Agronomy**, San Diego, v.46, p.245-298, 1991.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, F.A. ALMEIDA, de M.L.; KONFLANZ, V.A. Nitrogen fertilization impact on agronomic traits of maize hybrids released at different decades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.757-764, 2001.

SCHÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; WITHAGEN, J.C.M. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.66, p.151-164, 2000.

SCHREIBER, H.A.; STANBERRY, C.O.; TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects on sweet corn row number at various growth stages. **Science**, Washington, v.135, p.135-136, 1988.

SHUMWAY, C.R.; COTHREN, J.T.; SERNA-SALVADIVAR, S.O.; ROONEY L.W. Planting date and mixture effects on yield quality and alkaline-processing characteristics of food-grade maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.32, p.1265-1269, 1992.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISANI, C.A. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

THORNE, J.H. Phloem unloading of C and N-assimilates in developing seeds. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.36, p.317-343, 1985.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B. Effect of source-sink ratio on dry matter accumulation and senescence of maize. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 62,n.4, p.855-860, 1982.

TOLLENAAR, M. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. **Crop Science**, Madison, v.29, p.1365-1371, 1989.

TOLLENAAR, M. Physiological basis of genetic improvement of maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. **Crop Science**, Madison, v.31, p.119-124, 1991.

TOLLENAAR, M.; NISSANKA, S.P.; AQUILERA, A.; WEISE, S.F.; SWANTON, C. J. Impact of weed interference and soil N on four maize hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p. 110-116, 1994.

TSAI, C.Y.; WARREN, H.L.; HUBER, D.M.; BRESSAN, R.A. Interaction between the kernel N sink, grain yield and protein nutritional quality of maize. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v.34, p.255-263, 1983.

TSAI, C.Y.; HUBER, D.M.; GLOVER, D.V.; WARREN, H.L; Relationship of N deposition to grain yield N response of three maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v.24, p.277-281, 1984.

TSAI, C.Y.; DWEIKAT, I.; HUBER, D.M.; WARREN, H.L. Interrelationship of nitrogen nutrition with maize (*zea mays*) grain yield, nitrogen efficiency and grain quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v.58, p.1-8, 1992.

ULLRICH, C. L.; NOVACKY, A.J. Extra cellular and intracellular pH and membrane potential changes induced by  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $NO_3^-$  uptake and fusicoccin in root hair of *Limnobium stoniferum*. **Plant Physiology**, Lancaster, v.94, p.1561-1567, 1990.

WHITE, R. E. Leaching. In: WILSON, J. R. **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford: C. A. B. International, 1987. p.193-211.

VYN, T.J.; MOES, J. Breakage susceptibility of corn kernels in relation to crop management under long growing season conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.915-920, 1988.

VYN, T.J.; Tollenaar, M. Changes in chemical and physical quality parameters of maize grain during three decades of yield improvement. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.59, p.135-140, 1998.

WANSER, A.F. **Estádios Críticos para Suplementação Nitrogenada em Cevada**. 2002. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

WOLFE, D. W.; HENDERSON, D. W.; HSIAO, T.C.; ALVINO, A.. Interactive water and nitrogen effects on senescence of the maize. I. Leaf area duration, nitrogen distribution and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.859-864, 1988a.

WOLFE, D.W.; HENDERSON, D.W.; HSIAO, T.C.; ALVINO, A. Interactive water and nitrogen effects on the senescence of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.865-870, 1988b.

## **8. APÊNDICES**

**APÊNDICE 1** - Resumo da análise de variância para as variáveis rendimento de grãos e seus componentes. Eldorado do Sul-RS, 2001/02.

Causas de variação	Quadrados médios				
	GL	Rendimento de grãos	Espigas. m <sup>-2</sup>	Grãos. m <sup>-2</sup>	Peso do grão
Blocos	3				
Híbridos (H)	1	82522798,44 **	19,677 **	9321155,85 **	0,0000080
Níveis de N no vegetativo (Veg.) <sup>1</sup>	2	211839644,36 **	0,337	17135767,09 **	0,0071027 **
Níveis de N no espigamento (Esp.) <sup>2</sup>	2	25071248,99 **	1,086 **	749160,72 **	0,0095842 **
H x Veg.	2	349583,74	0,225	65344,68	0,0003087
H x Esp.	2	5255976,72 **	0,209	201537,62	0,0009461
Veg. x Esp.	4	4634741,42 **	0,286	468899,86 **	0,0011519
H x Veg. x Esp.	4	1135162,28	0,385	109222,65	0,0002038
Resíduo	51	678343,67	0,157	71971,06	0,0007073
C.V. %		8,3	5,7	9,1	8,8

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

**APÊNDICE 2** - Resumo da análise de variância para as variáveis quantidade de N acumulado nos grãos Índice de colheita e teor de proteína nos grãos. Eldorado do Sul-RS, 2001/02.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Quantidade de N acumulado nos grãos	Teor de proteína nos grãos	Índice de colheita
Blocos	3			
Híbridos (H)	1	5164,16 **	11,68 **	0,0572346 **
Níveis de N no ejetativo (Veg.) <sup>1</sup>	2	46211,72 **	7,167 **	0,0083166 **
Níveis de N no spigamento(Esp.) <sup>2</sup>	2	19725,97 **	33,50 **	0,0198041 **
H x Veg.	2	2462,53 **	2,89	0,0014223
H x Esp.	2	173,63	7,39 **	0,0000848
Veg. x Esp.	4	2076,17 **	3,17	0,0054834 **
H x Veg. x Esp.	4	348,57	1,47	0,0021347
Resíduo	51	628,87	1,88	0,0016266
C.V. - %		17,0	21,9	8,3

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

**APÊNDICE 3 -** Resumo da análise de variância para as variáveis rendimento massa seca total da parte aérea e quantidade de N acumulado na parte aérea (kg/ha) durante o período de formação e enchimento de grãos de milho. Eldorado do Sul-RS, 2001/02.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		Massa seca total da parte aérea	Quantidade de N acumulado na parte aérea
Blocos	3		
Época de amostragem (Ep.)	4	1272466108,58 **	182492,03 **
Híbridos (H)	1	352256341,53 **	31205,33 **
Níveis de N no vegetativo (Veg.) <sup>1</sup>	2	1374976320,62 **	104361,14 **
Níveis de N no espigamento (Esp.) <sup>2</sup>	2	15268720,41	16006,58 **
Ep x H	4	37724640,49 **	6100,59 **
Ep. x Veg.	8	41146757,02 **	6559,67 **
Ep. x Esp.	8	12027231,94 **	2506,33 **
H x Veg.	2	1576096,22	378,89
H x Esp.	2	7232087,28	507,07
Veg. x Esp.	4	13456517,83 **	720,95
Ep. x H x Veg.	8	5849432,27	921,39 **
Ep. x H x Esp.	8	5849432,27	171,15
Ep. x Veg. x Esp.	16	4007453,62	208,04
H x Veg. x Esp.	4	7395182,01	366,14
Ep. x H x Veg. x Esp.	16	2526806,39	399,48
Resíduo	267	5378035,77	017,03
C.V. - %		16,2	32,5

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



**APÊNDICE 4 -** Resumo da análise de variância para a variável massa seca da parte vegetativa da planta durante o período de formação e enchimento de grãos de milho. Eldorado do Sul-RS, 2001/02.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
		Massa seca da parte vegetativa
Blocos	3	
Época de amostragem (Ep.)	4	51796770,90 **
Híbridos (H)	1	710505,70
Níveis de N no vegetativo (Veg.) <sup>1</sup>	2	440850357,89 **
Níveis de N no espigamento (Esp.) <sup>2</sup>	2	3372223,94
Ep x H	4	5923014,57 **
Ep. x Veg.	8	3613347,96 **
Ep. x Esp.	8	2543619,10
H x Veg.	2	18286838,81 **
H x Esp.	2	2033412,60
Veg. x Esp.	4	388495,11
Ep. x H x Veg.	8	2434961,63
Ep. x H x Esp.	8	1346354,78
Ep. x Veg. x Esp.	16	1254577,26
H x V x Esp.	4	2619548,59
Ep. x H x Veg. x Esp.	16	1210614,17
Resíduo	267	1688475,52
C.V. -%		15,0

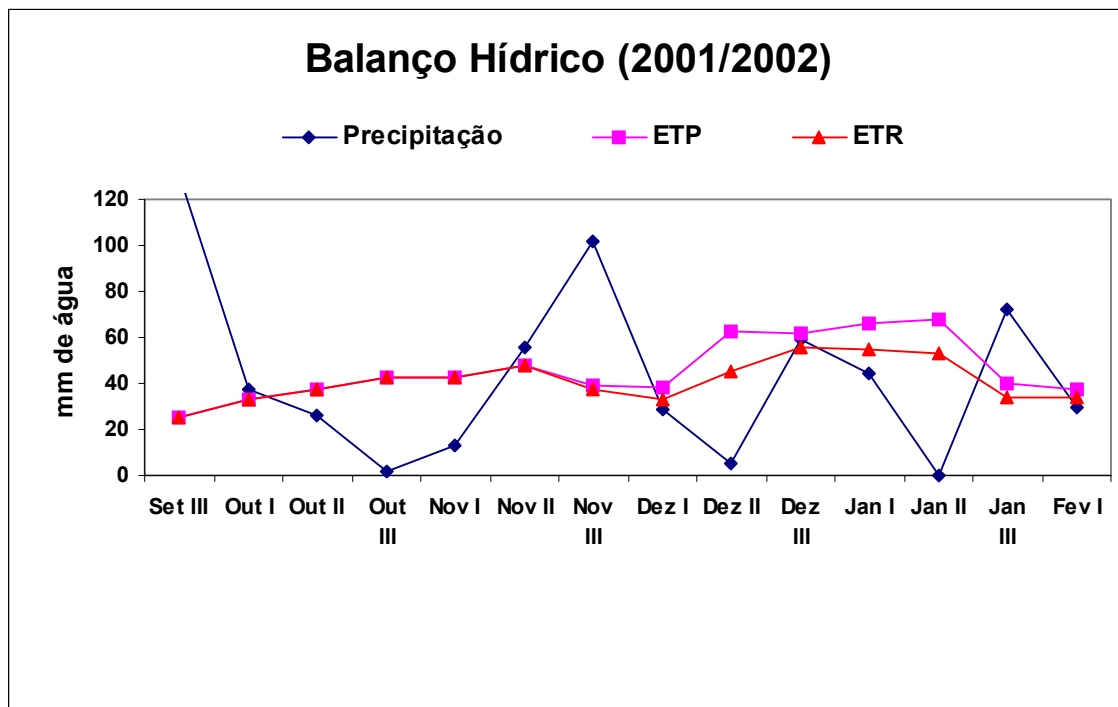
\*\*Significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade

**APÊNDICE 5 -** Resumo da análise de variância para a variável evolução de massa seca de grãos (kg/ha) no período compreendido entre 30 a 60 dias após o espigamento de milho. Eldorado do Sul-RS, 2001/02.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
		Massa seca de grãos
Blocos	3	
Época de amostragem (Ep.)	2	265553697,39 **
Híbridos (H)	1	319550237,51 **
Níveis de N no vegetativo (Veg.) <sup>1</sup>	2	274755947,97 **
Níveis de N no espigamento (Esp.) <sup>2</sup>	2	18121164,18 **
Ep x H	2	10462670,85 **
Ep. x Veg.	4	9878342,51 **
Ep. x Esp.	4	5038410,36
H x Veg.	2	7322089,15 **
H x Esp.	2	3328331,92
Veg. X Esp.	4	5015091,03
Ep. x H x Veg.	4	384315,86
Ep. x H x Esp.	4	1267929,34
Ep. x Veg. x Esp.	8	2226581,69
H x Veg. x Esp.	4	3612938,85
Ep. x H x Veg. x Esp.	8	914752,64
Resíduo	159	2137117,01
C.V. - %		20,5

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

**APÊNDICE 6 -** Resumo do suprimento de irrigação realizada na área experimental de acordo com o balanço hídrico . Eldorado do Sul-RS, 2001/02.



## **VITA**

Rúbia Patrícia da Silva Coser, filha de Reni Coser e Odete Terezinha da Silva Coser, nasceu em 06 de julho de 1972, em Lages, Santa Catarina.

Cursou o primeiro grau na escola Isolada do Bairro Fazenda Vitória e no Colégio Estadual de Primeiro Grau Gonçalves Dias, em Apiaí, SP. O segundo grau no Colégio Estadual Antônia Baptista Calazans Luz e no Colégio Dom Bosco, em Apiaí, São Paulo e Curitiba, PR, respectivamente. Em 1996 ingressou no curso de Agronomia na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), graduando-se Engenheira Agrônoma em 2001. Em março de 2001 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração Plantas de Lavoura, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).