

UFSM

Tese de Doutorado

**COMPORTAMENTO DO SORGO GRANIFERO EM
FUNÇÃO DO MANEJO DE NITROGÊNIO**

Pedro Celso Soares da Silva

PPGA

Santa Maria, RS, Brasil

2004

COMPORTAMENTO DO SORGO GRANÍFERO EM FUNÇÃO DO MANEJO DE NITROGÊNIO

Por

Pedro Celso Soares da Silva

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Agronomia.**

PPGA

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Tese de Doutorado

**COMPORTAMENTO DO SORGO GRANÍFERO EM
FUNÇÃO DO MANEJO DE NITROGÊNIO**

elaborada por
Pedro Celso Soares da Silva

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA

Dr. Cláudio Lovato - UFSM
(Presidente/Orientador)

Dr^a. Angélica Polenz Wielewicki - FEPAGRO

Dr. Danton Camacho Garcia - UFSM

Dr^a. Nerinéia Dalfollo Ribeiro - UFSM

Dr. Sidinei José Lopes - UFSM

Santa Maria, 15 de julho de 2004

Ao meu mestre, Dr. Daisaku Ikeda .

Dedico este trabalho.

- inverno de 2004 -

“A educação não é a venda parcelada de conhecimento, ou o conhecimento despejado de um vaso para outro. Educar é auxiliar outros a desenvolver a habilidade de obter conhecimento por si sós, é presenteá-los com a chave do saber. Não é simplesmente apossar-se das propriedades intelectuais que outros descobriram, sem esforço da própria parte. É um processo de descoberta e invenção.”

Tsunessaburo Makiguti

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado em Agronomia.

Ao Dr. Cláudio Lovato pela orientação deste trabalho.

À Dra. Maria Isabel da Silva Aude, pelos incentivos na pesquisa.

Aos professores Paulo Augusto Manfron, Sandro Petter Medeiros, Jerônimo Andriolo, Danton Camacho Garcia pela contribuição com sugestões e idéias.

Ao Presidente da Sociedade Internacional de Criação de Valores Humanos (SGI) Dr. Daisaku Ikeda que me ensinou que a chave para vitória se encontra em jamais retroceder na determinação, haja o que houver.

Aos meus companheiros da BSGI, meus sinceros agradecimentos pelos constantes incentivos.

Aos meus pais, irmãos e irmãs por todo o apoio recebido.

A minha esposa e as minhas filhas pelo carinho e compreensão.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE ANEXOS.....	xx
RESUMO.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 - Adubação nitrogenada.....	4

2.1.1 - Época de aplicação de nitrogênio.....	4
2.1.1.1 - Sistema radicular x absorção de N.....	5
2.1.1.2 - Parcelamento da dose de nitrogênio.....	6
2.1.2 - Disponibilidade de radiação e produção de biomassa.....	8
2.1.3 - Disponibilidade de nitrogênio: interceptação e eficiência de uso de radiação solar em gramíneas	10
2.1.3.1 - Índice de área foliar, área foliar e taxa fotossintética.....	10
2.1.3.2 - Duração da área foliar.....	11
2.1.3.3 - Nitrogênio na folha.....	12
2.1.3.4 - Nitrogênio no topo e na base do dossel.....	12
2.1.3.5 - Área foliar e absorção de radiação fotossinteticamente ativa.....	14
2.1.3.6 - Produtividade de grãos.....	16
2.1.3.7 - Componente metabólico e componente estrutural.....	18
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1- Local.....	20
3.2 - Clima.....	20
3.3 - Solo.....	20
3.4 - Análise química do solo.....	21
3.4.1 - Resumo da análise do ano agrícola 2001/02.....	21
3.4.2 - Resumo da análise do ano agrícola 2002/03.....	21

3.5 - Tratamentos e delineamento experimental.....	21
3.6 - Caracterização da unidade experimental.....	22
3.6.1- Experimento I - ano agrícola 2001/02.....	22
3.6.2 - Experimento II - ano agrícola 2002/03.....	23
3.7- Instalação e condução do experimento.....	23
3.7.1- Experimento I - ano agrícola 2001/02.....	23
3.7.2 - Experimento II - ano agrícola 2002/03.....	25
3.8 - Variáveis avaliadas.....	26
3.8.1- Experimento I - ano agrícola 2001/02.....	26
3.8.1.1 - Ciclo - parâmetros fenológicos.....	26
3.8.1.2 - Parâmetros de crescimento.....	26
3.8.1.3 - Quantificações de nitrogênio na planta.....	28
3.8.1.4 - Parâmetros morfológicos e de rendimento.....	28
3.8.2 - Experimento II - ano agrícola 2002/03.....	30
3.8.2.1- Ciclo - Parâmetros fenológicos.....	30
3.8.2.2 - Parâmetros de crescimento.....	30
3.8.2.3 - Parâmetros morfológicos e de rendimento.....	30
3.9 - Análises estatísticas.....	30
3.10 - Condições meteorológicas.....	31
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1- Experimento I - ano agrícola 2001/02.....	32

4.1.1- Condições meteorológicas.....	32
4.1.2 - Duração do ciclo.....	33
4.1.3 - Parâmetros de crescimento.....	34
4.1.3.1- Índice de área foliar (IAF).....	34
4.1.3.2 - Produtividade biológica (PB).....	39
4.1.4 - Quantificações de nitrogênio na parte aérea das plantas	44
4.1.5 - Parâmetros morfológicos e de rendimento.....	49
4.1.5.1 - População final de plantas e estatura de plantas.....	49
4.1.5.2 - Diâmetro de colmo e número de panículas.....	50
4.1.5.3 - Número de espiguetas por panícula e número de grãos por panícula.....	51
4.1.5.4 - Índice de colheita e peso de mil grãos.....	52
4.1.5.5 - Rendimento de grãos.....	54
4.1.6 - Análise de regressão múltipla progressiva.....	56
4.1.7 - Coeficiente de caminhamento.....	58
4.2 - Experimento II - ano agrícola 2002/03.....	61
4.2.1- Condições meteorológicas.....	61
4.2.2 - Duração do ciclo.....	62
4.2.3 - Parâmetros de crescimento.....	64
4.2.3.1- Índice de área foliar (IAF).....	64
4.2.4 - Parâmetros morfológicos e de rendimento.....	68
4.2.4.1- Estatura de planta e diâmetro de colmo.....	69
4.2.4.2 - Número de espiguetas por panícula e número de grãos por panícula.....	70

4.2.4.3 - Índice de colheita e peso de mil grãos.....	72
4.2.4.4 - Rendimento de grãos.....	73
4.2.4.4.1 - Aumento da eficiência de uso da água disponível em função da disponibilidade de N.....	78
4.2.5 - Análise de regressão múltipla progressiva.....	80
4.2.6 - Coeficiente de caminhamento.....	82
5 - CONCLUSÕES.....	84
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
7 - ANEXOS.....	102

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Temperatura média do ar (Temp.), precipitação total mensal (Prec.) e número total de horas de insolação mensal, ocorridos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM. Santa Maria, RS, durante o período experimental de 2001/2002 e as normais (média de 30 anos).32
- TABELA 2 - Média em dias dos subperíodos emergência-formação da panícula (E-P), emergência-florescimento (E-F), emergência maturação fisiológica (E-MF) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....33
- TABELA 3 - Médias de população final e estatura de planta em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....49
- TABELA 4 - Médias de diâmetro de colmo e número de panículas em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....50

TABELA 5 - Médias de número de grãos por panícula e número de espiguetas por panícula em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....52

TABELA 6 - Médias de índice de colheita e peso de mil grãos em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....53

TABELA 7 - Médias de rendimento de grãos (kg/ha) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....55

TABELA 8 - Modelos de equações ajustadas através da análise de regressão múltipla utilizando o método Stepwise em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....57

TABELA 9 - Efeito direto e indireto das variáveis diâmetro de colmo, estatura de planta, população final, número de panículas, número de espiguetas, número de grãos por panícula, índice de colheita e peso de mil grãos sobre rendimento de grãos. CCR/UFSM, Santa Maria, RS, 2001/02.....59

TABELA 10 - Temperatura média do ar (Temp.), precipitação total mensal (Prec.) e número total de horas de insolação mensal, ocorridos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM. Santa Maria, RS, durante o período experimental de 2002/2003 e as normais (média de 30 anos).....61

TABELA 11 - Média em dias dos subperíodos emergência-formação da panícula (E-P), emergência-florescimento (E-F), emergência maturação fisiológica (E-MF) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....63

TABELA 12 - Médias de estatura de planta e diâmetro de colmo em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....70

TABELA 13 - Médias de número de grãos por panícula e número de espiguetas por panícula em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....71

TABELA 14 - Médias de índice de colheita e peso de mil grãos em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....72

TABELA 15 - Médias de rendimento de grãos (kg/ha) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....78

TABELA 16 – Modelos de equações ajustadas através da análise de regressão múltipla utilizando o método Stepwise em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....81

TABELA 17 - Efeito direto e indireto das variáveis estatura de planta, diâmetro de colmo, número de espiguetas, número de grãos por panícula, índice de colheita e peso de mil grãos sobre o rendimento de grãos. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....83

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1A - Índice de área foliar obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha na base. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....36
- FIGURA 1B - Índice de área foliar obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....36
- FIGURA 1C - Índice de área foliar obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....37
- FIGURA 1D - Índice de área foliar obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....37

FIGURA 1E - Índice de área foliar obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....38

FIGURA 2A - Produtividade biológica obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha na base. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....40

FIGURA 2B - Produtividade biológica obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....41

FIGURA 2C - Produtividade biológica obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....41

FIGURA 2D - Produtividade biológica obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....42

FIGURA 2E - Produtividade biológica obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....42

FIGURA 3A - Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha na base. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....45

FIGURA 3B - Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....46

FIGURA 3C - Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....46

FIGURA 3D - Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero

submetido a 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....47

FIGURA 3E - Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha em cobertura. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....47

FIGURA 4A - Índice de área foliar obtida em 8 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha na base em cobertura. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....65

FIGURA 4B - Índice de área foliar obtida em 8 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....65

FIGURA 4C - Índice de área foliar obtida em 8 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....66

FIGURA 4D - Índice de área foliar obtida em 8 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....66

FIGURA 04E - Índice de área foliar obtida em 8 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....67

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Análise química do solo, realizada pelo Laboratório Central de Análises de Solo do Departamento de Solos. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....	103
ANEXO II - Análise química do solo, realizada pelo Laboratório Central de Análises de Solo do Departamento de Solos. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....	104
ANEXO III - Características da cultivar BRS 305.....	105
ANEXO IV - Causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios para as variáveis população final, estatura de planta, diâmetro de colmo, número de panículas, número de espiguetas por panícula, número de grãos por panícula, peso de mil grãos, índice de colheita, rendimento de grãos em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.....	106

ANEXO V - Causas da variação, graus de liberdade, quadrados médios para as variáveis estatura de planta, diâmetro de colmo, número de espiguetas por panícula, número de grãos por panícula, peso de mil grãos, índice de colheita e rendimento de grãos em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.....107

ANEXO VI - Fotos mostrando extensão de dano causado por vendaval com ventos na velocidade de 126 km/h, ocorrido em 01/03/2003 sobre a área experimental.....108

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

COMPORTAMENTO DO SORGO GRANÍFERO EM FUNÇÃO DO MANEJO DE NITROGÊNIO

Autor: Pedro Celso Soares da Silva
Orientador: Cláudio Lovato

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 15 de julho de 2004.

O objetivo deste estudo foi definir o manejo adequado da adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero, utilizando como fonte a uréia em solo de textura média. No experimento conduzido em 2001/02, foi usado uma densidade populacional de 171.000 plantas/ha, em plantio direto e foi caracterizado por pouca precipitação. O ensaio realizado no ano agrícola de 2002/2003, foi caracterizado por elevada precipitação e foi usada uma densidade populacional de 214.000 plantas/ha, em plantio convencional. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições, constituído por 21 tratamentos com nitrogênio: 200 kg N/ha na base; 150 kg N/ha na base mais 50 kg N/ha em cobertura aos 20, 44, 55, 66 e 74 dias após a emergência das plantas; 100 kg N/ha na base mais 100 kg N/ha em cobertura aos 20, 44, 55, 66 e 74 dias após a emergência das plantas; 50 kg N/ha na base mais 150 kg N/ha em cobertura aos 20, 44, 55, 66 e 74 dias após a emergência das plantas; 200 kg N/ha em cobertura aos 20, 44, 55, 66 e 74 dias após a emergência das plantas. Em relação ao manejo com adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero, chegou-se as seguintes conclusões: os tratamentos com 50 kg N/ha na base e 150kg/ha em cobertura aos 66 e 74 dias e 200 kg N/ha em cobertura aos 66 e 74 dias nas condições de baixa precipitação do ano agrícola de 2001/02, apresentaram os mais baixos valores de índice de área foliar, produtividade biológica e rendimento de grãos; a adubação nitrogenada realizada nas condições de alta precipitação, registradas no ano agrícola de 2002/03, proporcionaram elevado índice de área foliar e rendimento de grãos em todos os tratamentos aplicados; no experimento de 2001/02, o número de grãos por panícula foi a variável que mais influenciou no rendimento de grãos e em 2002/03 foi o índice de colheita; pelo que foi observado em termos de rendimento de grãos, poderia se dizer que se houver boa distribuição de chuvas, o manejo com 200kg N/ha poderia ser feito até os 74 dias após a emergência, que não reduziria a produtividade de grãos.

ABSTRACT

Doctoral Thesis in Agronomy
Graduate Program in Agronomy
Federal University of Santa Maria

**COMPORTAMENTO DO SORGO GRANÍFERO EM FUNÇÃO DO MANEJO
DE NITROGÊNIO**

(BEHAVIOR OF GRAIN SORGHUM IN FUNCTION OF THE NITROGEN
MANAGEMENT)

Author: Pedro Celso Soares da Silva

Adviser: Cláudio Lovato

Date and Place of the Defense: Santa Maria, July, 15, 2004.

The objective of this study was to define the adequate management of the nitrogen fertilization in the culture of grain sorghum, using as source the urea in soil of average texture. In the experiment conducted in 2001/02, was used a population density of 171,000 plants/ha⁻¹, in direct plantation and was characterized by little precipitation. The assay realized in the agricultural year of 2002/03, was characterized by raised precipitation and was used 214,000 plants/ha⁻¹, in conventional plantation. The experimental design was a randomized block with three repetitions and had been constituted by 21 treatments with nitrogen: 200 kg N/ha⁻¹ in the base; 150 kg N/ha⁻¹ in the base more 50 kg N/ha⁻¹ on top on the 20, 44, 55, 66 and 74 days after the emergency of the plants; 100 kg N/ha⁻¹ in the base more 100 kg N/ha⁻¹ on top on the 20, 44, 55, 66 and 74 days after the emergency of the plants; 50 kg N/ha⁻¹ in the base more 150 kg N/ha with on top on the 20, 44, 55, 66 and 74 days after the emergency of the plants; 200 kg N/ha⁻¹ on top on the 20, 44, 55, 66 and 74 days after the emergency of the plants. In relation to the management with nitrogen fertilization in the of grain sorghum arrived the following: the treatments with 50 kg N/ha⁻¹ in the base more 150 kg/ha⁻¹ on top on the 66 and 74 days and 200 kg N/ha⁻¹ on top on the 66 and 74 days in the low precipitation conditions of the agricultural year of 2001/02, had presented the lowest values of index of foliar area, biological productivity and grain yield; the nitrogen fertilization in the high precipitation conditions, registered in the agricultural year of 2002/03, provided to high index of foliar area and grain yield in hall the applied treatments; in experiment 2001/02, o the number of grains for panicle was the variable that more influenced in the grain yield and in 2002/03 it was the harvest index; by that is was observed in terms of grain yield, it could be said that good distribution of rain, the manegement with 200 kg N/ha⁻¹ could be made until the 74 days the emergency, that would not reduce the productivity of grains.

1 - INTRODUÇÃO

Em termos de adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero, existem poucas informações a respeito do correto manejo do nitrogênio quanto a doses e épocas de aplicação.

Para suprir esta deficiência de informações com relação ao manejo de nitrogênio para essa cultura, busca-se, muitas vezes subsídios em resultados de pesquisa em manejo com nitrogênio na cultura do milho. Para essa cultura existem muitos trabalhos científicos que mostram como este elemento deve ser empregado corretamente para obtenção de elevada produtividade.

Na cultura do milho, a recomendação do nitrogênio é baseada no teor de matéria orgânica do solo e na expectativa de rendimento que se deseja obter. Para evitar perdas por lixiviação, aplica-se uma pequena dose de nitrogênio na semeadura, reservando a maior porção para ser parcelada em uma ou duas coberturas, aos trinta e aos quarenta e cinco dias após a emergência das plantas. Atualmente, considera-se que deveria ser aplicada uma dose maior na semeadura, pois a planta necessita de quantias maiores para o início de seu crescimento e também pelo fato da pesquisa ter comprovado que as perdas por lixiviação são desprezíveis nas doses de nitrogênio empregadas na agricultura. Considera-se que do total de nitrogênio aplicado, 50-60% é retirado pela cultura. Entre 25-30% do nitrogênio aplicado ficam retidos no solo, imobilizado na matéria orgânica do solo. Em torno de 15% do nitrogênio são perdidos pelo sistema. E apenas 5% é perdida por lixiviação. Algumas pesquisas mostram que as perdas de

nitrogênio são consideradas altas por volatilização quando se usa uréia não incorporada, sendo esta perda maior em sistema de plantio direto do que em convencional.

No que se refere ao parcelamento de adubação nitrogenada em milho, deveria se levar em consideração a fenologia, as condições climáticas e o tipo de solo. Um maior número de parcelamentos deveria ser usado, sob condições de altas doses de nitrogênio, em solos de textura arenosa e em áreas sujeitas a alta intensidade de precipitação. Uma única aplicação deveria ser feita nas condições de baixa ou média dose de nitrogênio em solos de textura mediana ou argilosa em plantio intensivo, sem uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente.

Embora exista uma recomendação de adubação nitrogenada para o sorgo, muitas vezes ela é ignorada, pois parece um tanto incompleta, uma vez que traz somente informações da aplicação de nitrogênio baseada no teor de matéria orgânica do solo e não fala nada a respeito da expectativa de rendimento que se poderia obter usando tal adubação. Em função disto, muitas vezes toma-se a decisão de empregar o mesmo manejo da adubação nitrogenada do milho, com base de que se o rendimento foi satisfatório no milho, também deverá ser no sorgo, pois se considera que existe muita semelhança entre ambas as plantas, são gramíneas de primavera-verão e pertencem ao grupo C4.

É provável que usando o mesmo manejo de adubação nitrogenada do milho, o sorgo obtenha um bom rendimento. Entretanto, há de se considerar que a planta de sorgo é muito diferente da planta de milho, pois a mesma apresenta uma série de características adaptativas que o milho não possui, que são: maior capacidade de tolerância a situações de estresse hídrico, devido a maior eficiência de uso da água; sistema radicular mais profundo e ramificado; presença de estômatos em maior número e em menor tamanho; presença de cera nas folhas e colmos; possui capacidade de entrar em

estado de dormência na presença de estresse; tem capacidade de retomar o crescimento logo que o estresse é aliviado com taxas similares as anteriores ao estresse; apresenta maior tolerância a solos com má drenagem.

Por possuir essas características adaptativas é de se esperar que o sorgo tenha uma maior eficiência de uso do nitrogênio em relação ao milho nas mais diversas condições edafo-climáticas. Isto com certeza torna o manejo de nitrogênio mais flexível, oferecendo um número maior de opções do que o milho. Com isto, sugere-se que se possa realizar uma aplicação com alta dose nitrogênio mais tardiamente, permitindo inclusive aplicar além dos 45 dias como é atualmente recomendado para o próprio sorgo e também para o milho, e que se obtém ainda assim um rendimento médio satisfatório nesta cultura.

Como o efeito da disponibilidade de nitrogênio sobre a produtividade de grãos pode ser analisado através dos componentes fisiológicos, índice de espiga, interceptação da radiação, eficiência de uso da radiação, matéria seca, índice de área foliar, realizou-se experimentos com o intuito de definir o manejo adequado da adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero, utilizando como fonte a uréia em solo de textura média. Para atingir este objetivo utilizou-se 200 kg de nitrogênio por hectare, aplicada em parcelamentos com diferentes doses e épocas, durante dois anos agrícolas distintos.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Adubação nitrogenada

Estima-se que sejam consumidos anualmente, no Brasil, 6 milhões de toneladas de fertilizantes, sendo que 1,7 milhões de toneladas são de nitrogênio (YAMADA, 2002). Para este autor, considerando a quantidade de nitrogênio que é fornecido na forma de fertilizante, e sua saída, como produto colhido, com o N imobilizado na matéria orgânica, pode-se estimar com grande probabilidade de acerto que há déficit de mais de um milhão de toneladas de nitrogênio na agricultura brasileira. Para se obter uma elevada produtividade numa cultura é necessário que existam condições meteorológicas favoráveis e adequada disponibilidade de nitrogênio (LEMAIRE *et al.*, 1997).

2.1.1 - Época de aplicação de nitrogênio

O milho apresenta máxima absorção de nitrogênio durante o desenvolvimento vegetativo e mínima taxa de absorção no período compreendido entre a emissão do pendão e a formação da espiga (COELHO *et al.*, 1991).

O milho começa a translocar rapidamente o nitrogênio durante a metade do período de crescimento vegetativo (HANWAY, 1963). Se a quantidade de N presente no solo for muito baixa no início do desenvolvimento do milho, quando a planta demanda máximas taxas de absorção de N, o atraso de aplicação de nitrogênio reduzirá o rendimento (JUNG *et al.*, 1972; RUSSELLE *et al.*, 1983; BINDER *et al.*, 2000). Para

estes autores a aplicação de nitrogênio nos estádios vegetativo de 8 folhas e 10 folhas poderia ser uma das melhores maneiras de fornecer nitrogênio para suprir esta demanda. A quantidade de nitrogênio presente no solo pode explicar porque uma aplicação de nitrogênio mais tardia pode não reduzir o rendimento de grãos.

Em dois experimentos realizados com milho, FRANÇA *et al.* (1994) observaram que a maior parte do nitrogênio na planta foi acumulada até o pendoamento, atingindo valores de 88 e 93% de N acumulado na massa seca da planta. Em estudo com adubação nitrogenada em milho, MENGEL & BARBER (1974) observaram que a maior parte do nitrogênio era absorvida até 54 dias após a emergência das plantas. Na cultura do sorgo, VANDERLIP (2003) observou que 60 dias após a emergência, 70% do nitrogênio já havia sido absorvido pela planta, sendo que nesta fase a planta já estava com metade de seu peso.

2.1.1.1 - Sistema radicular x absorção de N

A absorção de nitrogênio é determinada pela velocidade de sua absorção por unidade de superfície de raiz, e pela extensão e morfologia do sistema radicular (YAMADA, 1995). A sensibilidade da raiz aumenta linearmente com a taxa de crescimento das mesmas, com o desenvolvimento do diâmetro médio das raízes e com o aumento da velocidade de absorção de nitrogênio por metro da raiz (BARBER, 1984). Na visão deste autor, a eficiência na absorção de nitrogênio deve ser encontrada em plantas que tenham alta velocidade de absorção, sistema radicular extenso e em contínua expansão, ao longo do desenvolvimento da cultura.

A velocidade de absorção de nitrogênio por metro de raiz de milho diminui com a idade da planta (MENGEL & BARBER, 1974). Esses autores observaram que o milho aos 20 dias após a emergência, atingia a velocidade de absorção de 226,9 micro mol de N por metro de raiz por dia

e aos 70 dias o fluxo era apenas de 1,2 micro mol de N por metro de raiz por dia. O milho, em suas fases iniciais apresenta, maior eficiência de absorção de nitrogênio, mesmo com sistema radicular reduzido (YAMADA, 1995).

Apesar de ser menor a exigência nutricional do milho nos seus estádios iniciais de desenvolvimento, altas concentrações de nutrientes na zona do sistema radicular são benéficas na promoção de um bom arranque inicial da planta (RITCHIE *et al.*, 1993). Na segunda semana após a emergência, quando o milho está com quatro folhas totalmente desenvolvidas, o sistema radicular mostra considerável percentagem de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas, e a adição de nitrogênio estimula sua proliferação, com conseqüente desenvolvimento da parte aérea (HANWAY, 1962). O grande fluxo de nitrogênio nas raízes plantas jovens de milho indica que é mais desejável ter alto teor de nitrogênio no solo no início do ciclo de desenvolvimento do que no final (YAMADA, 1995).

2.1.1.2 - Parcelamento da dose de nitrogênio

Na cultura do milho deve-se usar maior número de parcelamento sob condições de altas doses de nitrogênio (120 a 200 kg/ha⁻¹) em solos de textura arenosa e em áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade (COELHO *et al.*, 1991). Para este autor uma única aplicação deveria ser realizada em condições de baixa ou média dose de nitrogênio (60-100 kg/ha⁻¹), em solos de textura média ou argilosa em plantio intensivo, sem uso de irrigação em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente.

O parcelamento da adubação nitrogenada no milho deve levar em consideração a fenologia, as condições climáticas e o tipo de solo (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). Mesmo que a quantidade de nutrientes absorvida seja relativamente pequena, o tamanho final das folhas, espigas e outras partes da planta dependem, em grande parte, de um

adequado suprimento de nutrientes durante o estágio inicial de desenvolvimento da cultura (RITCHIE *et al.*, 1993).

Em estudo com parcelamento de nitrogênio em milho, NOVAIS *et al.* (1974) observaram que a aplicação de toda a dose no florescimento ou um número excessivo de aplicações parceladas durante o desenvolvimento vegetativo, apresentaram menor eficiência que uma única aplicação na semeadura ou uma única aplicação durante o período de desenvolvimento vegetativo.

A quantidade de nitrogênio suprida pela maioria dos solos é pequena (MALAVOLTA, 1996). A maioria do nitrogênio do solo vem da matéria orgânica, sendo que esta libera o nitrogênio lentamente, sendo a taxa de liberação controlada por fatores como temperatura, umidade e textura do solo. Segundo este mesmo autor, cerca de 20 a 30 kg de N por hectare são liberados anualmente para 1% de matéria orgânica contida no solo. Em condições de campo, sabe-se que a recuperação do fertilizante nitrogenado pela cultura, raramente, é maior que 50% (YAMADA & ABDALLA, 2000). A velocidade de absorção de nitrogênio na forma de uréia está entre 1 a 36 horas para absorção de 50% da quantidade aplicada (MALAVOLTA, 1996). Em milho, devido a ocorrência de perdas por lixiviação é comum, entre os produtores, a aplicação de uma pequena dose de N na semeadura, reservando-se a maior porção do nitrogênio para aplicação em 1-2 coberturas, após 30-45 dias da emergência das plantas e, às vezes, mais tardiamente ainda (YAMADA, 1995).

As curvas de adubação mostram que mesmo nos híbridos de ciclo longo a fase de maior absorção de nitrogênio ocorre entre 30 e 60 dias após a emergência (YAMADA, 1995). Este autor considera que o nitrogênio aplicado no solo é retido primeiro pelos microorganismos, pois o sistema radicular ocupa pouco volume de solo e não consegue competir na captação deste nutriente com estes microorganismos que estão presentes em grandes

quantidades. Assim, há um intervalo de tempo, que pode ser, às vezes de 2-3 semanas ou mais, entre a aplicação de nitrogênio e a sua liberação pelos microorganismos na solução do solo, o que poderia ocasionar um déficit de nitrogênio no período de maior necessidade de absorção de nutriente pela planta (entre florescimento e o início de formação de grãos), principalmente quando se faz coberturas nitrogenadas tardias e se aplica pouco nitrogênio na semeadura.

2.1.2 - Disponibilidade de radiação e produção de biomassa

A radiação compreendida entre 400 e 700 nanômetros do espectro eletromagnético é conhecida como radiação visível. Esta radiação é fonte de energia para as plantas realizarem a fotossíntese. A produção da matéria seca das culturas agrícolas é diretamente proporcional a radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelo dossel vegetativo (GALLAGHER & BISCOE, 1978; MONTEITH, 1977; STEVEN *et al.*, 1983; MORISOT, 1986; COCKSHULL, 1988; PRINCE, 1991; ANDRADE *et al.*, 1993a). A razão entre matéria seca produzida por unidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida é definida como eficiência do uso da radiação, cuja unidade é megajoule por grama de matéria seca (GALLO *et al.*, 1993). A energia que converte a biomassa de milho e sorgo é igual 1,75 kilojoule por grama (FUNCIONAL GROUP EDITOR, 2003). A simples proporção da quantidade acumulada de biomassa por unidade de radiação solar interceptada fornece uma expressão efetiva do potencial das culturas para acumulação de biomassa (SINCLAIR & HORIE, 1989).

Em média 90%, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento resultam da atividade fotossintética e o restante é função da absorção de nutrientes minerais do solo (BENINCASA, 1986). Para esta autora, os nutrientes minerais do solo são indispensáveis ao crescimento e ao desenvolvimento vegetal, existindo estreita relação entre

fotossíntese e nutrientes, de tal forma que a deficiência de um, prejudica o outro direta ou indiretamente. A molécula de clorofila é o pigmento principal na absorção de luz na região do visível, sendo que a mesma é composta de 6% de nitrogênio (TAÍZ & ZEIGER, 1991). Na falta de nitrogênio, as plantas apresentarão menor composição de clorofila e, conseqüentemente haverá redução na taxa fotossintética, resultando em falta de carboidratos (MALAVOLTA, 1976; EVANS, 1983; FIELD & MOONEY, 1986; EVANS, 1989). O crescimento, em particular, ou seja, a formação de novas células, é afetado diretamente pela deficiência de nitrogênio para compor a parte estrutural, como enzimas e como constituintes de paredes e membranas (EASTIN, 1968; MUCHOW *et al.*, 1982).

A eficiência de uso da radiação interceptada vai depender das condições de temperatura e do estado fisiológico por ocasião do pendoamento do milho, pois são esses os fatores que determinarão a taxa de crescimento, o número potencial de grãos e, conseqüentemente, o potencial produtivo da planta (ANDRADE *et al.*, 1993 a,b; OTEGUI & BONHOME, 1998; DIDONET *et al.*, 2002).

Plantas cultivadas sob maiores densidades de fluxo radiante apresentam maiores taxas fotossintéticas e ponto de saturação de luminosidade mais elevada (BURNSIDE & BÖHNING, 1957; BRUN & COOPER, 1967; BOWES *et al.*, 1972). Essas mudanças estão associadas com o aumento da atividade da ribulose bifosfato carboxilase (BOWES *et al.*, 1972; SING *et al.*, 1974; CROOKSTON *et al.*, 1975). O sorgo produz folhas maiores sob condições de alta radiação solar, promovendo exportação mais eficiente do material produzido nas folhas para o resto da planta, principalmente após a 8ª semana, que é a época de enchimento de grãos (BENINCASA, 1986).

Para analisar a produção de biomassa em função da radiação MAGALHÃES (1979) sugere o uso da análise de crescimento, pois ela é

considerada internacionalmente como um método padrão para obter-se a estimativa da produtividade biológica das comunidades vegetais. O método descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostragens sucessivas, e se propõe a acompanhar a dinâmica da produção fotossintética avaliada através da acumulação de matéria seca (MAGALHÃES, 1979). A análise de crescimento é a parte da fisiologia vegetal que usa modelos matemáticos para avaliar índices de crescimento das plantas, muitos deles relacionados com atividade fotossintética (REIS & MULLER, 1979). A análise de crescimento se constitui em um valioso complemento na análise experimental, principalmente, em pesquisas ligadas a produção vegetal (LUCCHESI, 1984). Através da análise quantitativa de crescimento vegetal, pode-se quantificar os efeitos dos diferentes tratamentos que estão sendo aplicados, uma vez que esta análise baseia-se na medição seqüencial do acúmulo de matéria orgânica nas diferentes fases de crescimento das plantas (LUCCHESI, 1984).

2.1.3 - Disponibilidade de nitrogênio: interceptação e eficiência de uso de radiação solar em gramíneas

2.1.3.1 - Índice de área foliar, área foliar e taxa fotossintética

O efeito da disponibilidade de nitrogênio pode ser analisado através dos parâmetros fisiológicos, índice de espiga, interceptação de radiação, eficiência de uso da radiação, matéria seca, índice de área foliar e duração de área foliar (NOVOA & LOOMIS, 1981; LEMCOFF & LOOMIS, 1986; MUCHOW & DAVIS, 1988; SINCLAIR & HORIE, 1989; CONNOR *et al.*, 1993; ANDRADE & UHART, 1993a,b).

O suprimento de nitrogênio afeta direta e indiretamente o limite de produtividade das culturas (LAFITTE & LOOMIS, 1988). Na maioria dos

cultivos, o nitrogênio ocasiona incrementos na área foliar e, por conseqüência, as plantas apresentam aumento no número e no tamanho das folhas (McCULLOUGH *et al.*, 1994). Plantas bem nutridas com nitrogênio interceptam maior quantidade de radiação, devido ao índice de área foliar e duração da área foliar, resultando em maior produção de biomassa (MUCHOW & DAVIS, 1988). O IAF é a área foliar por unidade de área de terreno (WATSON, 1947) e representa a capacidade ou a velocidade com que a parte aérea do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo. Numa cultura, o IAF depende da área foliar por planta e do número de plantas por unidade de área, sendo importante para a produtividade biológica da cultura.

A deficiência de nitrogênio em milho afeta o suprimento de assimilados para a espiga, por que reduz o índice de área foliar, a duração da área foliar e a taxa fotossintética da cultura, resultando em uma menor interceptação e diminuição da eficiência de uso da radiação (UHART & ANDRADE, 1995 a; LEMCOFF & LOOMIS, 1986; NOVOA & LOOMIS, 1981; SINCLAIR & HORIE, 1989; CONNOR *et al.*, 1993). A deficiência de nitrogênio causa maior redução da expansão da folha do que na taxa de emissão de folhas (MUCHOW & DAVIS, 1988). A expansão da folha é devido a presença de nitrogênio absorvido pela planta (SYLVESTER-BRADLEY *et al.*, 1990). A deficiência leve de nitrogênio reduz a taxa de emissão e uma deficiência severa diminui a taxa de expansão foliar e a duração da área foliar (UHART & ANDRADE, 1995a,b; LAFITTE & LOOMIS, 1988).

2.1.3.2 - Duração da área foliar

A duração da área foliar é maior em plantas bem nutridas com nitrogênio, porque este atrasa a perda de clorofila e assim tem-se maior duração da atividade fotossintética (NOVOA & LOOMIS, 1981; ESTRADA, 2003 a,b). A taxa de senescência é determinada pelas condições ambientais

e pela atividade da folha, o que está relacionado com a nutrição mineral (LOPES *et al.*, 1982).

2.1.3.3 - Nitrogênio na folha

A atividade fotossintética da folha está relacionada com o conteúdo de nitrogênio, pois algumas proteínas envolvidas na fixação de CO₂ contém muito do nitrogênio presente nas folhas (LE BOT *et al.*, 1998; GASTAL & LEMAIRE, 2002). Além disso, a divisão celular e, subsequente, expansão foliar, requer grande quantidade de ácidos nucleicos, que são ricos em nitrogênio. Existe uma relação linear entre índice de área verde e nitrogênio, pois a resposta da fotossíntese foliar com à radiação é dependente do conteúdo de nitrogênio nas folhas (GRINDLAY *et al.*, 1993). Alguns estudos descrevem que a fotossíntese foliar e a saturação de luz nas folhas aumenta, com o conteúdo de nitrogênio nas folhas (EVANS, 1983; FIELD & MOONEY, 1986; EVANS 1989).

A magnitude do efeito do conteúdo de nitrogênio foliar sobre a eficiência de uso da luz das folhas é apropriada para espécies dependentes, principalmente em relação à separação do nitrogênio foliar entre a enzima rubisco e o complexo de proteínas de captação de luz (EVANS, 1989).

2.1.3.4 - Nitrogênio no topo e na base do dossel

A distribuição do nitrogênio foliar em função da quantidade fornecida de nitrogênio, foi constatada através de estudo sobre alocação foliar em relação à luz e à fotossíntese (DRECCER *et al.*, 2000). Em geral, o suprimento de nitrogênio altera o índice de área foliar do perfil em dosséis. Em gramíneas, a área foliar específica aumenta em pequena extensão do topo para a base do dossel (GASTAL & LEMAIRE, 2002).

O perfil de distribuição do nitrogênio foliar varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura (DRECCER *et al.*, 2000; GASTAL &

LEMAIRE, 2002). O declínio no teor de nitrogênio foliar com o aumento acumulativo do índice de área foliar no topo do dossel tende, ser muito baixo onde existe menor suprimento de nitrogênio (GASTAL & LEMAIRES, 2002; DRECCER *et al.*, 2000). O conteúdo de nitrogênio foliar na base do dossel é, freqüentemente, menor do que o conteúdo de nitrogênio foliar no topo, em condições de baixo suprimento de nitrogênio (GASTAL & LEMAIRES, 2002). Esta amplitude de variação em nitrogênio foliar do topo para a base do dossel é maior ainda quando comparado com maior suprimento de nitrogênio (GASTAL & LEMAIRES, 2002).

A eficiência de uso da radiação está relacionada com a distribuição do nitrogênio foliar dentro do dossel (SINCLAIR & SHIRAIWA, 1993; MUCHOW & DAVIS, 1988). Do topo para a base do dossel, as folhas individuais requerem progressivamente menos nitrogênio para maximizar a assimilação de carbono, contribuindo para atenuação da luz dentro do dossel e para que menor quantidade de nitrogênio seja necessária para maximizar a fotossíntese foliar com pouca intensidade luminosa (GASTAL & LEMAIRES, 2002).

O efeito do nitrogênio sobre o crescimento da cultura é predominantemente examinado através da eficiência de uso da radiação (SINCLAIR & HORIE, 1989). Assim, a relação entre suprimento de nitrogênio, distribuição de nitrogênio nas folhas e fotossíntese do dossel promovem a base para a eficiência de uso da radiação da cultura (MUCHOW & DAVIS, 1988; SINCLAIR & HORIE, 1989; BELANGER *et al.*, 1992; MUCHOW & SINCLAIR, 1994; BELANGER & RICHARDS, 1997; PLÉNET & LEMAIRES, 1999). O efeito do nitrogênio sobre o crescimento é, geralmente, sobre a fotossíntese foliar e sobre a interceptação de luz via crescimento da folha. Esta parte do nitrogênio é alocada para manutenção de nitrogênio na folha que fará a fotossíntese foliar, e outra parte do nitrogênio é alocada para o desenvolvimento adicional de área foliar

(SINCLAIR & HORIE, 1989). Qualquer impacto relativo de nitrogênio sobre o crescimento da cultura via área foliar, folha e fotossíntese de dossel, é devido ao modo de fornecimento do nitrogênio (GASTAL & LEMAIRE, 2002).

2.1.3.5 - Área foliar e absorção de radiação fotossinteticamente ativa

A área foliar é um importante fator de produtividade de uma cultura visto ser a principal causa da interceptação da luz solar (MELGES *et al.*, 1989). As folhas são os centros de produção de matéria seca e o resto da planta depende da exportação de material da folha (BENINCASA, 1986).

Duas aproximações predominam para simular o desenvolvimento da área foliar; uma delas é descrita como uma função do estágio de desenvolvimento da planta, e outra é predita através do peso úmido da folha (MARCELIS *et al.*, 1998). Estudos foram realizados para mostrar relações entre interceptação de radiação fotossinteticamente ativa e índice de área foliar antes do máximo IAF obtido pelas plantas (ROSENTHAL *et al.*, 1985). Para estes autores, em índice de área foliar de aproximadamente 3 em milho e sorgo, quase 90% da radiação fotossinteticamente ativa é interceptada pelo dossel. O desenvolvimento da área foliar é dependente do estágio da cultura ou produção de matéria seca (LEMAIRE *et al.*, 1997). A área foliar de sorgo, segundo BENINCASA (1986), atinge valores máximos aos 76 dias, decrescendo até 111 dias após a emergência das plantas. Em folhas verdes, o nível de interceptação de radiação fotossinteticamente ativa é 80-85% (MOSS & LOOMIS, 1952). Ao nível do topo do dossel ocorre maior interceptação, pois a radiação é mais penetrante e as folhas tem múltiplas oportunidades para interceptá-la (MARCELIS *et al.*, 1998).

O coeficiente de extinção de radiação de uma comunidade de plantas atinge valores de 0,5 a 0,8, à medida em que a luz penetra do topo

em direção à base das plantas (MONSI & SAEKI, 1953). Na presença de IAF reduzido, o coeficiente de extinção tem valores baixos e mais radiação é interceptada pelas folhas da base das plantas (MOSS & LOOMIS, 1952). Valores de 0,7 e 0,07 deveriam ser usados para os coeficientes de extinção e de reflexão, respectivamente caso estes não tenham sido determinados a campo (MARCELIS *et al.*, 1998).

Embora a alta produtividade esteja associada à área foliar, valores altos desta podem reduzir a produção, em razão do autosombreamento. À medida em que a área foliar cresce, o índice de área foliar também aumenta, até atingir um valor no qual o autosombreamento passa a ser prejudicial, aumentando o número de folhas (ou superfície foliar) que são mantidas sob iluminação precária, o que diminui a sua eficiência fotossintética (BENINCASA, 1986). Em muitos casos, é possível detectar-se o índice de área foliar ótimo, isto é, aquele que define o máximo de fotossíntese e, conseqüentemente, a taxa de crescimento relativo (TCR) elevada. Geralmente, o índice de área foliar ótimo ocorre nas primeiras fases do crescimento quando o autosombreamento é mínimo. Milho e sorgo com índice de área foliar 1,0 permite que 50% da radiação diária chegue no solo sob o dossel. E com índice de área foliar 3,0, permite 15% de radiação alcance o solo sob o dossel. Para milho e sorgo, o índice de área foliar ótimo no florescimento é 5 (FUNCTIONAL GROUP EDITOR, 2003).

Quando se analisa uma cultura no campo, outros aspectos também precisam ser considerados (BENINCASA, 1986). Um deles é a ocorrência de outro processo simultâneo à fotossíntese que, é a transpiração e, no caso de uma área cultivada, a evapotranspiração (ESTRADA, 2003a). Muitas vezes, condições de autosombreamento, que diminuem a eficácia fotossintética da cultura, diminuem também a evapotranspiração a qual, na maioria dos casos, é mais limitante para a produtividade do que a diminuição da fotossíntese líquida (BENINCASA, 1986; ESTRADA, 2003 a,b). A busca

de uma cobertura de solo pelas culturas agrícolas desde as primeiras etapas do desenvolvimento, pode se traduzir em maior crescimento, devido ao período de interceptação de radiação solar mais longo e maior disponibilidade de água para as plantas, causada por redução da evaporação do solo, que neste caso, a adubação nitrogenada poderá acelerar este processo (ESTRADA, 2003 a,b).

Em culturas como trigo e sorgo, após ser atingida a máxima área foliar, as panículas tornam-se proeminentes (ROSENTHAL *et al.*, 1985). Para estes autores, as panículas são posicionadas sobre o topo do dossel e interceptam e transmitem uma porção de radiação fotossinteticamente ativa incidente. A influência individual de partes da planta sobre a absorção de radiação fotossinteticamente ativa em sorgo foi analisada e as panículas foram responsáveis pela interceptação de 10 a 40% da radiação fotossinteticamente ativa incidente (EASTIN 1968; MUCHOW *et al.*, 1982).

2.1.3.6 - Produtividade de grãos

A disponibilidade de nitrogênio sobre a produtividade de grãos pode ser analisada pela interceptação e eficiência de uso da radiação solar (UHART & ANDRADE, 1995a,b). Esses autores, trabalhando com diferentes variações de radiação e nitrogênio em milho, concluíram que a percentagem de interceptação de radiação e a eficiência de uso da mesma aumentaram com o fornecimento de nitrogênio e que a deficiência de nitrogênio afeta o número de grãos, somente através de assimilação de carbono.

A deficiência ou excesso de nitrogênio afeta de maneira diferente a separação de assimilados para os drenos reprodutivos e vegetativos (DONALD & HAMBLIN, 1976). A divisão da matéria seca depende do número e atividade dos drenos e o número de grãos está fortemente associado com a disponibilidade de assimilados no florescimento, pois este é o período crítico que determina o número de grãos por metro quadrado

(HAWKINS & COOPER, 1981; FISCHER & PALMER, 1984; GIFFORD *et al.*, 1984; UHART & ANDRADE, 1991; CIRILO & ANDRADE, 1994 a,b; UHART & ANDRADE, 1995 a,b). O rendimento de grãos de milho é altamente associado a taxa de crescimento durante o período de 30 dias após a emissão da inflorescência feminina (TOLLENAAR, 1977; TOLLENAAR *et al.*, 1992; ANDRADE *et al.*, 1993 a,b; UHART & ANDRADE, 1995 a,b).

O total de matéria seca da parte aérea no florescimento (TANAKA & YAMAGUCHI, 1972; RUIZ *et al.*, 1992), matéria seca da espiga no florescimento (FISCHER & PALMER, 1984; ALUKO & FISCHER, 1988) e fluxo de assimilados para espiga no florescimento (EDMEADES & DAYNARD, 1979) são usados para estimar o rendimento de grãos. Deficiência de N em milho produz um certo atraso nos estádios fenológicos (UHART & ANDRADE, 1995 a,b).

O número de grãos por planta em milho é linearmente relacionado com a taxa de crescimento da cultura durante o período de pré-floração (HAWKINS & COOPER, 1981). A pouca disponibilidade de nitrogênio reduz a percentagem de interceptação de radiação e sua eficiência de uso, o que é constatado na relação matéria seca total na maturação (UHART & ANDRADE, 1995 a,b; TOLLENAAR, 1977). Isto está associado com diminuições na taxa de crescimento da cultura no florescimento. Essas reduções, segundo os autores, são significativas entre número de grãos e taxa de acumulação de nitrogênio em área de biomassa e entre número de grãos e taxa de crescimento da cultura que foram estabelecidas no florescimento. A quantidade de radiação interceptada no florescimento é decisiva para a fixação de grãos (EARLY *et al.*, 1967; FISCHER & PALMER, 1984; KINIRY & RITCHIE, 1985; ALUKO & FISCHER, 1988; GRANT, 1989). O crescimento total da cultura do milho durante o período de florescimento não é o único fator que influencia o número de drenos fixado, a separação da matéria seca também deve ser considerada (ANDRADE, 1995a,b).

2.1.3.7 - Componente metabólico e componente estrutural

O decréscimo na taxa de crescimento relativo das culturas (quantidade de material produzido por unidade de material já existente) está relacionado com o declínio da percentagem de nitrogênio na planta (CALOIN & YU, 1984). A biomassa total da planta é formada por um componente metabólico, o qual está ativo para o crescimento, principalmente através da atividade fotossintética e por um componente estrutural, o qual não é ativo para o processo de crescimento (CALOIN & YU, 1984).

No início do desenvolvimento das plantas a biomassa total da planta é perto de zero, e a planta é composta inteiramente pelo componente metabólico (GREENWOOD *et al.*, 1991). À medida que aumenta a biomassa da cultura, diminui a percentagem de nitrogênio no compartimento metabólico e aumenta, o estrutural (CALOIN & YU, 1984; GREENWOOD *et al.*, 1991). A taxa de crescimento absoluto da planta é proporcional ao tamanho do componente metabólico da planta (CALOIN & YU, 1984). As plantas C4 (milho e sorgo) possuem componente metabólico menor do que as C3 (trigo e arroz), devido a diferença na rota metabólica e também associado à diferença de concentração de rubisco nas folhas (GREENWOOD *et al.*, 1991). Plantas C4 têm maior proporção de tecido estrutural do que as plantas C3 (CALOIN & YU, 1984). Já em relação ao declínio na percentagem de nitrogênio com o incremento da biomassa é semelhante nas plantas C3 e C4.

O declínio da percentagem de nitrogênio nas folhas é acelerado em comunidades de plantas quando comparado com plantas isoladas, e isso ocorre quando há competição por luz dentro dos estandes, pois a massa das plantas aumenta rapidamente (LEMAIRE *et al.*, 1997). O compartimento metabólico da planta deveria ser proporcional ao tamanho da mudança de superfície da planta responsável pela captura de luz e aquisição de CO₂ (CALOIN & YU, 1982). O componente metabólico está diretamente

associado com a área foliar, sendo que o acúmulo de nitrogênio na planta é proporcional ao tamanho da área foliar (LEMAIRE & GASTAL, 1997).

Por fim HARDWICK (1987) e LEMAIRE *et al.* (1997) concluem que a competição por luz, em elevada densidade populacional, impõe um aumento relativo do compartimento estrutural de plantas, enquanto que o tamanho do compartimento metabólico é limitado pela quantidade de área foliar iluminada.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Local

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Rurais, da Universidade Federal de Santa Maria, nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, cujas coordenadas geográficas são: latitude 29° 42'S, longitude 53° 49'W e altitude média de 95 metros.

3.2 - Clima

O clima da região, segundo a classificação de Wilhelm Koeppen, é do tipo Cfa - clima subtropical. A temperatura média do ar do mês mais quente ocorre em janeiro (24,8°C) e a do mês mais frio em julho (14,1°C). A média das temperaturas mínimas do mês mais quente, em janeiro (18,7°C) e a do mês mais frio em julho (9,3°C) (MORENO, 1961). A radiação solar acompanha a variação do comprimento do dia, variando de 199 cal/cm²/dia no mês de julho a 518 cal/cm²/dia no mês de dezembro. A umidade relativa do ar oscila de maneira inversa com a temperatura do ar e radiação solar, sendo máxima nos meses de inverno, chegando a 83,8% no mês de julho.

3.3 - Solo

O solo pertence a Unidade de Mapeamento Santa Maria, sendo classificado como Alissolo Crômico argilúvico típico, apresenta maior parte do horizonte B textural (textura franco arenosa ou mais fina que 15% de argila), predominando as cores: matiz 7,5 YR ou mais amarelo com valor

superior a 3 e croma superior a 4, ou matiz mais vermelho que 7,5 YR com croma maior que 4 (EMBRAPA, 1999). São solos medianamente profundos, friáveis e imperfeitamente drenados, apresentando relevo suavemente ondulado a ondulado e são mais apropriados para pastagens, mas podem ser utilizados com milho e soja, apresentando bons rendimentos (BRASIL, 1973).

3.4 - Análise química do solo

A análise química foi realizada pelo Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos, da Universidade Federal de Santa Maria (Anexos I e II) e apresentou os seguintes resultados:

3.4.1 - Resumo da análise do ano agrícola 2001/02

pH SMP=6,2; P =8,8 mg/L; K=112 mg/L e matéria orgânica=3,2%.

3.4.2 - Resumo da análise do ano agrícola 2002/03

pH SMP=5,9; P=7,2 mg/L; K=92 mg/L e matéria orgânica=3,3%.

3.5 - Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, e foi constituído por 21 tratamentos com nitrogênio:

Trat.1 - 200 kg N/ha na base;

Trat.2 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 20 dias após a emergência;

Trat.3 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 44 dias após a emergência;

Trat.4 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 55 dias após a emergência;

Trat.5 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 66 dias após a emergência;

Trat.6 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 74 dias após a emergência;

Trat.7 - 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 20 dias após a emergência;

Trat.8 - 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 44 dias após a emergência;

Trat.9 - 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 55 dias após a emergência;

Trat.10 - 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 66 dias após a emergência;

Trat.11- 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 74 dias após a emergência;

Trat.12 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 20 dias após a emergência;

Trat.13 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 44 dias após a emergência;

Trat.14 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 55 dias após a emergência;

Trat.15 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 66 dias após a emergência;

Trat.16 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 74 dias após a emergência;

Trat.17 - 200 kg N/ha aos 20 dias após a emergência;

Trat.18 - 200 kg N/ha aos 44 dias após a emergência;

Trat.19 - 200 kg N/ha aos 55 dias após a emergência;

Trat.20 - 200 kg N/ha aos 66 dias após a emergência;

Trat.21 - 200 kg N/ha aos 74 dias após a emergência.

A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia. Por se tratar de diferentes tratamentos com nitrogênio na base e em cobertura, a aplicação foi realizada manualmente. A aplicação de base foi feita na linha, tão logo era concluída a semeadura com trator e semeadora. A uréia aplicada na base foi incorporada com irrigação. A aplicação de nitrogênio em cobertura foi na fileira, junto as plantas, e a uréia foi incorporada manualmente com o auxílio de enxada.

3.6 - Caracterização da unidade experimental

3.6.1 - Experimento I - ano agrícola 2001/02

As parcelas constituíram-se de quatro linhas de 12 metros de comprimento, espaçadas de 0,70 m entre si, com dimensões de 12,0 x 2,8 m, sendo a área útil, para avaliar a produtividade de grãos e seus componentes, de 5,6 m². As amostragens que envolveram coleta de plantas foram obtidas também nas duas linhas centrais, porém fora da área destinada a determinação da produção de grãos.

3.6.2 - Experimento II - ano agrícola 2002/03

As parcelas constituíram-se de quatro linhas de 6 metros de comprimento, espaçadas de 0,70 m entre si, com dimensões de 6,0 x 2,8 m. No experimento 2002/03 houve diminuição do comprimento das linhas quando comparado com o experimento 2001/02, pela razão que no primeiro ano anterior necessitava de um grande número de plantas para amostragem de parâmetros de crescimento. Em 2002/03 não foi realizada análise de crescimento, e optou-se pela diminuição do comprimento das linhas, sendo a área útil para avaliar produtividade de grãos e seus componentes de 5,6 m², constituída pelas duas linhas centrais, diminuindo um metro de cada extremidade, e as duas linhas laterais serviram de bordadura. Neste experimento não houve coleta de plantas para outras determinações.

3.7 - Instalação e condução do experimento

3.7.1 - Experimento I - ano agrícola 2001/02

No primeiro ano, o experimento foi realizado em plantio direto na palha, onde o procedimento adotado foi o seguinte: uma área experimental de 5.000 m² de campo nativo foi dessecada com herbicida Glyphosate (5L/ha de produto comercial) utilizando um pulverizador costal, aproximadamente

quinze dias antes da semeadura do experimento. Após a operação de dessecação realizou-se a demarcação do experimento.

A adubação de base com fósforo e potássio foi realizada mecanicamente no sulco na ocasião da semeadura. Utilizou-se para este fim semeadora de plantio direto e trator. A fonte de potássio utilizada foi cloreto de potássio e a de fósforo o super fosfato simples (P_2O_5 - 18%). Aplicou-se com base na interpretação da ROLAS (1995), 20 kg de potássio e 50 kg de fósforo por hectare.

A data de semeadura foi em 01/11/2001. A semeadora foi regulada para população de 250.000 plantas/ha e profundidade de, aproximadamente, 5 cm. A cultivar de sorgo granífero semeada foi a BRS 305 (Anexo III), material com boa presença de tanino (anti-pássaro) e também por ter apresentado produtividade média de 6.020 kg/ha no Ensaio Sul-Riograndense de Sorgo Granífero 1999/2000 conduzido pela Embrapa Clima Temperado (RAUPP et al., 2000). Cabe ressaltar ainda que esta cultivar é registrada exclusivamente para o cultivo no Estado do Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2004).

O desbaste foi realizado quando as plantas tinham aproximadamente 15 cm (três folhas) e, neste caso, foi ajustado para 10 plantas por metro linear de modo a obter uma população de 171.428, plantas/ha. Inicialmente a idéia era usar uma densidade populacional maior, mas isto não foi possível, pois as agências meteorológicas oficiais anunciaram que os cultivos de primavera e verão enfrentariam forte estiagem e optou-se então pelo uso de uma densidade populacional abaixo daquela empregada nos ensaios em rede com sorgo granífero no Rio Grande do Sul que é de 15 plantas por metro linear (RAUPP & BRANCÃO), 1998). Esta decisão foi tomada, para evitar a maior competição de plantas por água e também por permitir o uso racional da água em futuras aplicações, já que no local onde foi instalado o experimento havia reduzida disponibilidade deste recurso.

O controle das plantas daninhas foi feito mediante a aplicação de herbicida Atrazine (3,0L/ha de produto comercial) em pós emergência no início do desenvolvimento da cultura. Uma semana depois foi aplicado Bentazon (1,5L/ha de produto comercial).

O controle de *Spodoptera frugiperda* e *Diabrotica speciosa* foi realizada mediante duas aplicação de inseticida a base de Permetrina (25g ia/ha). A primeira aplicação foi feita duas semanas após a emergência das plantas, e a segunda, três semanas após.

Realizaram-se quatro irrigações, sendo a primeira na ocasião da semeadura e aos 66, 73 e 80 dias após a emergência das plantas. Em cada irrigação foi aplicado aproximadamente 10 mm de água, utilizando mangueira de pvc manual, com vazão de 32 litros por minuto. Com o auxílio de um relógio era controlado o tempo de aplicação em cada fileira, de modo que cada parcela recebesse 10 mm. A finalidade destas aplicações de água era fazer com que não perdesse o experimento devido a ocorrência da forte estiagem.

3.7.2 - Experimento II - ano agrícola 2002/03

O experimento II foi realizado na mesma área do experimento anterior, com preparo convencional do solo, utilizando lavração e gradagens. Após, realizou-se a demarcação do experimento. Neste segundo ano de experimento foi feita a opção pelo preparo convencional, porque este solo estava bastante compactado, dificultando o estabelecimento das plantas, e também pelo fato das agências meteorológicas oficiais anunciarem que durante a estação de crescimento dos cultivos de primavera-verão haveria excesso de precipitação, o que mais tarde se confirmou durante a condução do experimento.

Os fertilizantes fósforo, potássio e nitrogênio e as doses usadas na adubação de base foram iguais ao descrito no experimento I.

A semeadura foi realizada em 16/11/2002, manualmente, com sementes de BRS 305, de modo a obter 250.000 plantas/ha.

O desbaste foi realizado quando as plantas tinham altura média de 15 cm (três folhas) e, foi ajustado 15 plantas por metro linear para obter uma população de 214.285 plantas/ha. Ao contrário do ano anterior, o ano agrícola de 2002/2003 foi um ano bastante chuvoso, e optou-se pelo uso de uma densidade populacional maior.

O controle das plantas daninhas foi efetuado mediante a aplicação de herbicida Atrazine (3,0 L/ha de produto comercial) em pós emergência com uma aplicação aos 20 e outra aos 30 dias após a emergência da cultura. Também foram realizadas, durante o período vegetativo, duas aplicações de Bentazon (1,5L/ha de produto comercial).

O controle da *Spodoptera frugiperda* foi realizado mediante a aplicação de inseticida a base de Permetrina (25g ia/ha de produto comercial), aos 37 e aos 47 dias após a emergência das plantas.

3.8 - Variáveis avaliadas

3.8.1 - Experimento I - ano agrícola 2001/02

3.8.1.1 - Ciclo - parâmetros fenológicos

Através da observação da escala fenológica do sorgo, descrita por VANDERLIP (2003), foram feitas avaliações diárias nas fases de crescimento e de desenvolvimento das plantas visando a avaliação, em cada parcela, das seguintes variáveis:

- a) número de dias da emergência à formação da panícula.
- b) número de dias da emergência a 50% do florescimento.
- c) número de dias da emergência à maturação fisiológica.

3.8.1.2 - Parâmetros de crescimento

a) Índice de área foliar (IAF)

A área foliar por planta foi obtida pelo somatório da área foliar de cada folha completamente expandida. A partir da sexta semana até a décima quarta semana, após a emergência das plantas, foram efetuadas contagens do número de folhas completamente expandidas, e calculada a área foliar por planta e índice de área foliar, em cinco plantas marcadas e etiquetadas dentro da área útil da parcela.

A área foliar foi calculada em cada folha individualmente pela fórmula:

$$A = C \times L \times 0,57;$$

onde A = área foliar; C = máximo comprimento e L = máxima largura de folha (Montgomery, 1911, apud por PEARCE *et al.*, 1975).

O índice de área foliar (IAF) que é a área foliar total por unidade de área de terreno é expresso:

$$IAF = AF/AT;$$

onde AF é área foliar (dm^2) e AT é área de terreno (dm^2).

Utilizando-se a metodologia de WATSON (1947), RADFORD (1967), BENINCASA (1986) e CLAWSON *et al.* (1986) aos trinta dias após a emergência das plantas, num intervalo de sete dias durante 10 semanas consecutivas, foram cortadas rente ao solo, cinco plantas obtidas de fora da área destinada à avaliação do rendimento de grãos. Após terem sido cortadas, as plantas foram acondicionadas e etiquetadas em sacos de papel, sendo, posteriormente levadas até estufa a 72°C, permanecendo até peso constante. A seguir, essas plantas já secas eram pesadas. Com estas plantas foram determinadas produtividade biológica (PB) e as quantidades de N na matéria seca.

b) Produtividade biológica (PB)

É a matéria seca total da planta acumulada por unidade de área de terreno. É obtida pela expressão:

$$PB = MS/AT;$$

onde: MS é a matéria seca total acumulada até o tempo t ; AT é a área de terreno (*gramas de MS/m²/semana*).

3.8.1.3 - Quantificações de nitrogênio na planta

A quantidade de nitrogênio de nitrogênio na parte aérea das plantas em kg/ha, foi obtida na 5^a, 6^a, 7^a, 8^a, 9^a, 10^a, 11^a, 12^a, 13^a e 14^a semana após a emergência das plantas.

O acúmulo de nitrogênio em relação ao acúmulo de matéria seca foi obtido pela expressão de JUSTES *et al.* (1994):

$$N^{upt} = 10 \cdot a(MSa)^{1-b};$$

Onde os valores de “a” e “b” são 3,9 e 0,39 respectivamente; MSa é a matéria seca acumulada. A unidade é kg N/ha.

3.8.1.4 - Parâmetros morfológicos e de rendimento

Na área útil de cada parcela foram avaliadas as seguintes variáveis:

a) Estatura de plantas (cm)

A altura de plantas foi considerada do nível do solo até o ápice da panícula, na fase de maturação de grãos, em cinco plantas marcadas e etiquetadas.

b) Diâmetro de colmo (mm)

O valor do diâmetro de colmo foi obtido com auxílio de paquímetro manual, na altura da metade do colmo em cinco plantas marcadas e etiquetadas na fase de maturação de grãos.

c) População final de plantas

A população final de plantas foi determinada através da contagem do número de plantas que foi destinada também para a avaliação do rendimento de grãos e de seus componentes primários.

d) Número de panículas

O número de panículas foi obtida através da contagem das panículas das plantas de sorgo.

e) Número de espiguetas por panícula

O número de espiguetas por panícula foi obtido de panículas de cinco plantas marcadas e etiquetadas.

f) Número de grãos por panícula.

Esta variável foi obtida pela contagem de panículas de cinco plantas marcadas e etiquetadas. O procedimento adotado foi o seguinte: separou-se 10 espiguetas do ápice da panícula, 10 espiguetas da parte central da panícula e 10 espiguetas da base da panícula. A seguir foi realizada a média e este valor multiplicado pelo número total de espiguetas da panícula.

g) Rendimento de grãos (kg/ha)

O rendimento de grãos foi obtido através da pesagem dos grãos das panículas, corrigindo-se a umidade dos grãos para 13%, em média. Para determinar a umidade foi usado o determinador de marca Dole 400.

h) Peso de mil grãos (g)

Após a determinação do rendimento de grãos foram retiradas amostras, sendo que destas foram contadas e pesadas 1000 grãos.

i) Índice de colheita (%)

O índice de colheita foi obtido através da pesagem dos grãos de cinco plantas marcadas e etiquetadas. Assim por ocasião da colheita, coletou-se a parte aérea de cinco plantas e acondicionou-se em estufa a 72°C por dois dias. A seguir, foi feita a pesagem destas plantas, em gramas/planta. Depois separou-se os grãos da estrutura panícula, os quais foram pesados, obtendo um valor médio. Para a obtenção do índice de

colheita, subtraiu-se o valor médio da pesagem dos grãos da média da pesagem da parte aérea.

3.8.2 - Experimento II – ano agrícola 2002/03

3.8.2.1 - Ciclo - parâmetros fenológicos

Em cada parcela foram avaliadas as seguintes variáveis:

- a) Número de dias da emergência à formação da panícula.
- b) Número de dias da emergência à 50% do florescimento.
- c) Número de dias da emergência à maturação fisiológica.

3.8.2.2 - Parâmetros de crescimento

Em cada parcela, foi avaliado o índice de área foliar (IAF), de maneira semelhante ao descrito no experimento I.

3.8.2.3 - Parâmetros morfológicos e de rendimento

Os procedimentos de coleta e de amostragem são similares aos descritos no item 3.8.1.4.

- a) Estatura de plantas (cm)
- b) Diâmetro de colmo (mm).
- c) Número de espiguetas por panícula.
- d) Número de grãos por panícula.
- e) Rendimento de grãos (kg/ha)
- f) Peso de mil grãos (g)
- g) Índice de colheita (%)

3.9 - Análises estatísticas

Os parâmetros morfológicos e de rendimento de grãos foram submetidos a análise da variância, pelo teste F em nível de 5% de probabilidade de erro. As médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Scott-Knott. Também foi realizada a análise de regressão múltipla progressiva através do método Stepwise, a fim de verificar quais as variáveis que mais influenciaram no rendimento de grãos.

Para finalizar as análises nos parâmetros morfológicos e de rendimento de grãos, realizou-se o estudo da variação total do rendimento devido ao efeito simples e conjunto dos seus componentes, utilizando-se o coeficiente de caminhamento ou análise de trilha (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992). Para realização da análise de trilha foi utilizado o programa GENES (CRUZ, 1997).

Os parâmetros de crescimento, as quantificações de N na parte aérea foram descritos através de figuras gráficas, onde no eixo “X” foram colocadas as semanas (intervalo de tempo) nas quais foram feitas as avaliações e no eixo “Y” o valor médio da amostragem do parâmetro avaliado.

3.10 - Condições meteorológicas

Os dados de precipitação (mm), temperatura do ar (°C) e insolação (horas) ocorridos durante o período experimental de 2001/02 e de 2002/03 foram coletados na Estação Meteorológica do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Experimento I - ano agrícola 2001/02

4.1.1 - Condições meteorológicas

Na observação dos dados de precipitação pluviométrica da Tabela 1, se constata que os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro de 2001/02 estiveram bem abaixo da média das normais dos últimos 30 anos. Este primeiro ano de experimento foi caracterizado por forte estiagem, sendo necessária a suplementação hídrica nos períodos de formação da panícula, florescimento e enchimento de grãos. Isto está de acordo com MATZENAUER *et al.* (2000) e AVILA *et al.* (1996), que afirmam que normalmente as deficiências hídricas durante os meses de verão, coincidem com os períodos de floração e enchimento de grãos.

O mês de março se caracterizou por ser mais chuvoso e apresentou uma média bem superior a dos últimos 30 anos.

TABELA 1 – Temperatura média diária do ar (Temp.), precipitação total mensal (Prec.) e número total de horas de insolação mensal, ocorridos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM, Santa Maria, RS, durante o período experimental de 2001/2002 e as normais (média de 30 anos).

1961/1990			2001/2002		
Prec.	Temp.	insolação	Prec.	Temp.	insolação

	(mm)	(°C)	(horas)	(mm)	(°C)	(horas)
novembro	132,2	21,4	223,3	108,8	21,7	220,8
dezembro	133,5	22,7	244,7	77,8	23,1	254,1
janeiro	145,1	24,6	225,2	111,8	24,9	272,0
fevereiro	130,2	24,0	196,7	101,0	23,5	234,7
março	151,7	22,2	197,5	252,1	25,3	152,9

4.1.2 - Duração do ciclo

Os tratamentos que receberam 50 kg N/ha na base mais 150 cobertura e 0 kg N/ha na base 200 kg N/ha em cobertura, a partir dos 55 dias após a emergência das plantas de sorgo, apresentaram uma semana a mais de duração dos períodos de emergência-aparecimento da panícula, emergência-florescimento e emergência-maturação fisiológica, resultando numa maior duração de ciclo nas plantas (Tabela 2). Os resultados mostram que plantas com alta disponibilidade de N desde o início apresentaram menor duração de ciclo. Estes dados concordam com os resultados obtidos em milho por UHART & ANDRADE (1995a,b), que observaram menor duração de ciclo em plantas com alta disponibilidade de N desde o início do desenvolvimento vegetativo.

TABELA 2 – Média em dias dos subperíodos emergência-formação da panícula (E-P), emergência-florescimento (E-F), emergência-maturação fisiológica (E-MF) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio, Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

Adubação Nitrogenada (kg/ha)		Época de Aplicação	Ciclo (dias)		
BASE	COBERTURA		E-P	E-F	E-MF
200	0	0dae*	60	68	108
150	50	20dae	60	68	108
150	50	44dae	60	68	108
150	50	55dae	60	68	108
150	50	66dae	60	68	108
150	50	74dae	60	68	108
100	100	20dae	60	68	108
100	100	44dae	60	68	108
100	100	55dae	60	68	108
100	100	66dae	60	68	108
100	100	74dae	60	68	108
50	150	20dae	60	68	108
50	150	44dae	60	68	108
50	150	55dae	68	75	117
50	150	66dae	68	75	117
50	150	74dae	68	75	117

0	200	20dae	60	68	108
0	200	44dae	60	68	108
0	200	55dae	68	75	117
0	200	66dae	68	75	117
0	200	74dae	68	75	117

*dae= dias após a emergência.

A cultivar BRS 305 tem como característica iniciar o florescimento, em média aos 65-75 dias após a sementeira (Anexo III), o que também foi observado no presente experimento. Em termos de maturação fisiológica, a descrição de 115-130 dias após a sementeira também se confirmou com os dados obtidos neste trabalho.

4.1.3 - Parâmetros de crescimento

4.1.3.1 - Índice de área foliar (IAF)

A Figura 1A mostra o comportamento do tratamento que recebeu 200 kg N/ha na base, da quinta semana (estádio de 6 folhas, quando iniciaram as avaliações) até a décima quarta semana (estádio de grão em massa dura). Os valores máximos de índice de área foliar ocorreram na oitava semana após a emergência das plantas (antes do florescimento) alcançando valor superior a cinco. A partir da oitava semana, começou a decrescer o valor de IAF, uma vez que cessou o crescimento vegetativo e iniciou o processo reprodutivo. Neste caso, começou a remobilização de N das folhas mais velhas, ou seja, as folhas localizadas mais na base da planta. Se observa que na fase de enchimento de grãos, o valor de IAF estabiliza-se em pouco mais que dois.

O tratamento com 150 kg na base e 50 kg N/ha em cobertura está descrito na Figura 1B. A semelhança do observado no tratamento com 200 kg N/ha na base, os índices foliares máximos foram obtidos na oitava semana (antes do florescimento) e na nona semana, com valor de cinco, com

exceção da aplicação feita aos 74 dias após a emergência. O comportamento de IAF durante o enchimento de grãos foi semelhante ao do tratamento anterior.

Pela visualização da Figura 1C, nota-se que valores máximos de IAF obtidos variaram de 4 a 5 para o tratamento com 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura. Observa-se que o tratamento com aplicação aos 74 dias após a emergência ficou com IAF abaixo dos obtidos pelos demais tratamentos, esta tendência já havia sido confirmada pela Figura 1B. O mesmo tratamento também apresentou IAF inferior aos demais tratamentos durante o enchimento de grãos.

Na Figura 1D se verifica o perfil de comportamento do tratamento com aplicação de 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura. A aplicação aos 20 dias após a emergência alcançou um valor máximo de IAF de 6, valor este que não foi obtido por nenhum dos tratamentos descritos nas figuras anteriores. As aplicações feitas aos 66 e aos 74 dias após a emergência, apresentaram os mais baixos valores de IAF máximo (3,5).

O comportamento das plantas de sorgo submetidas ao tratamento com 200 kg N/ha em cobertura é mostrado na Figura 1E. O IAF máximo (5,7) foi obtido pela aplicação do N aos 20 dias após a emergência das plantas, se destacando das demais épocas de aplicação com valor próximo a 6. A aplicação feita aos 44 dias, apresentou valor máximo de IAF em torno de 4. As aplicações feitas aos 55, 66 e 74 dias, apresentaram os mais baixos valores de IAF.

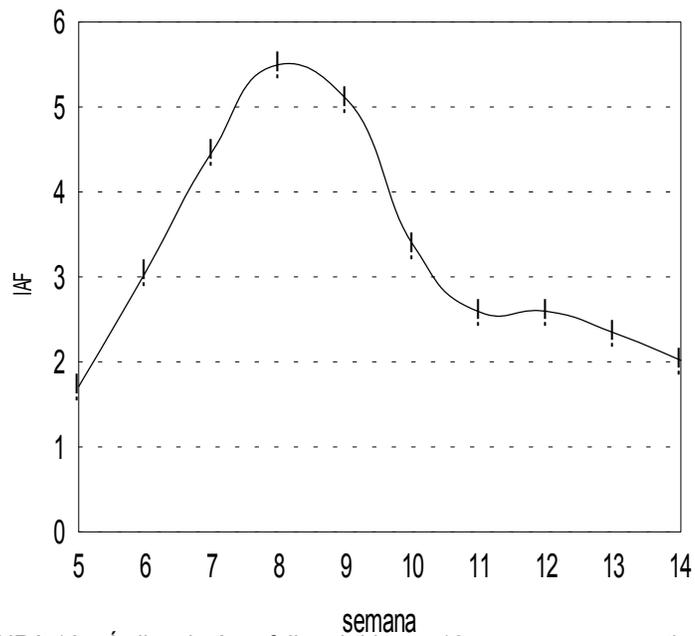


FIGURA 1A – Índice de área foliar obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha na base. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

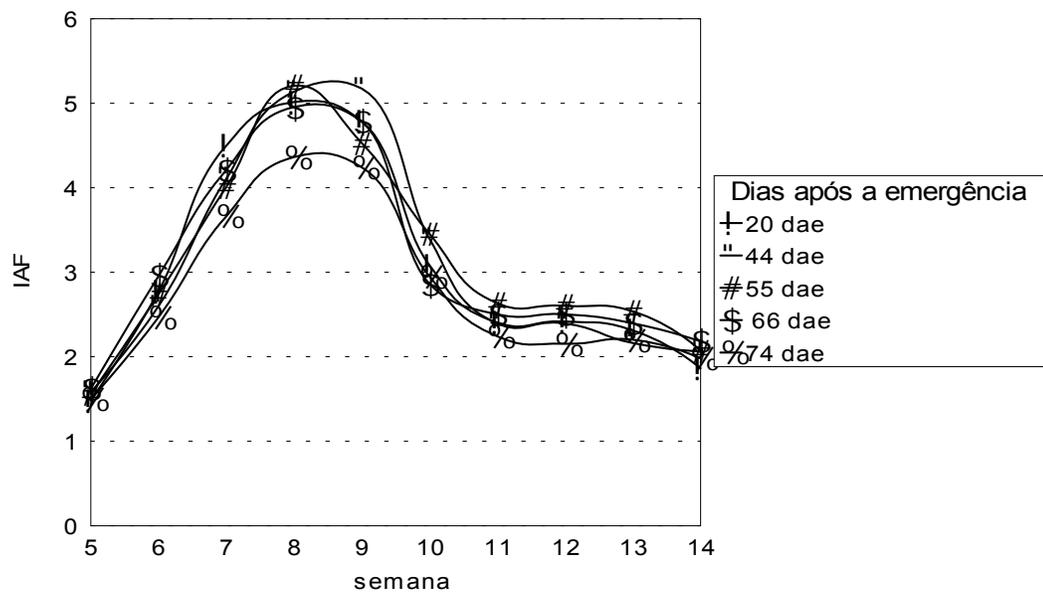


FIGURA 1B – Índice de área foliar obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

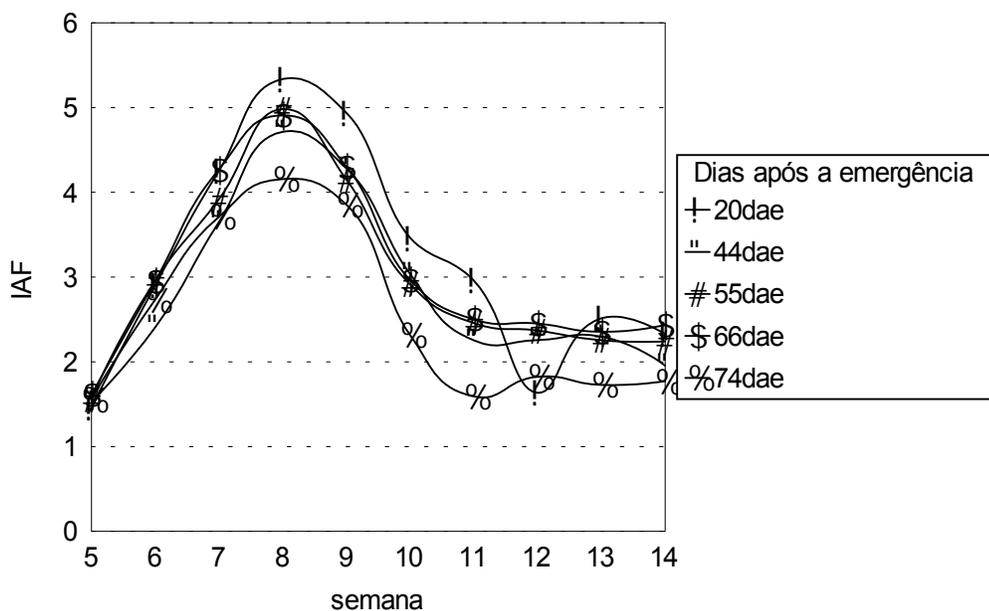


FIGURA 1C – Índice de área foliar obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

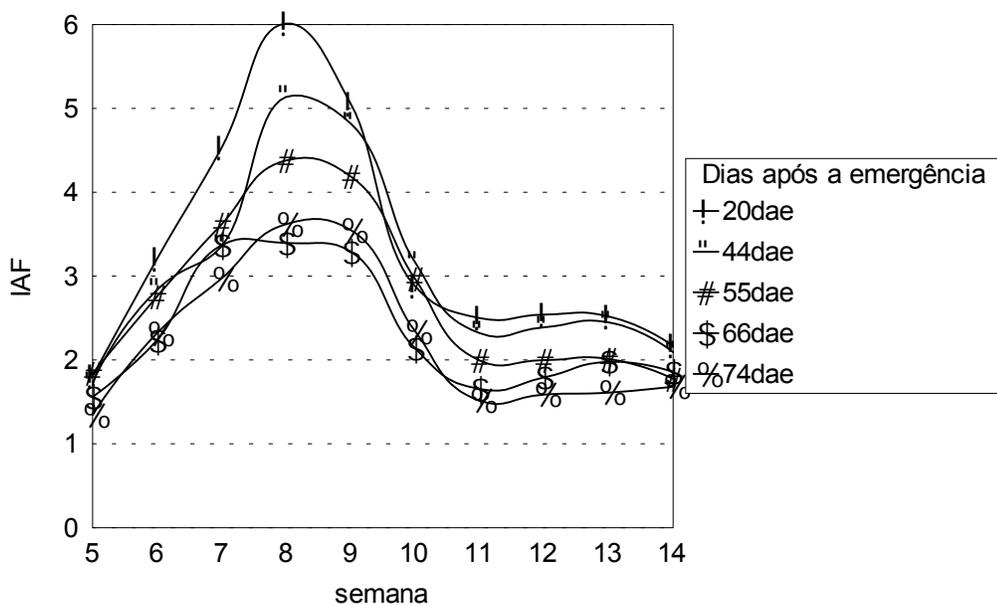


FIGURA 01D – Índice de área foliar obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

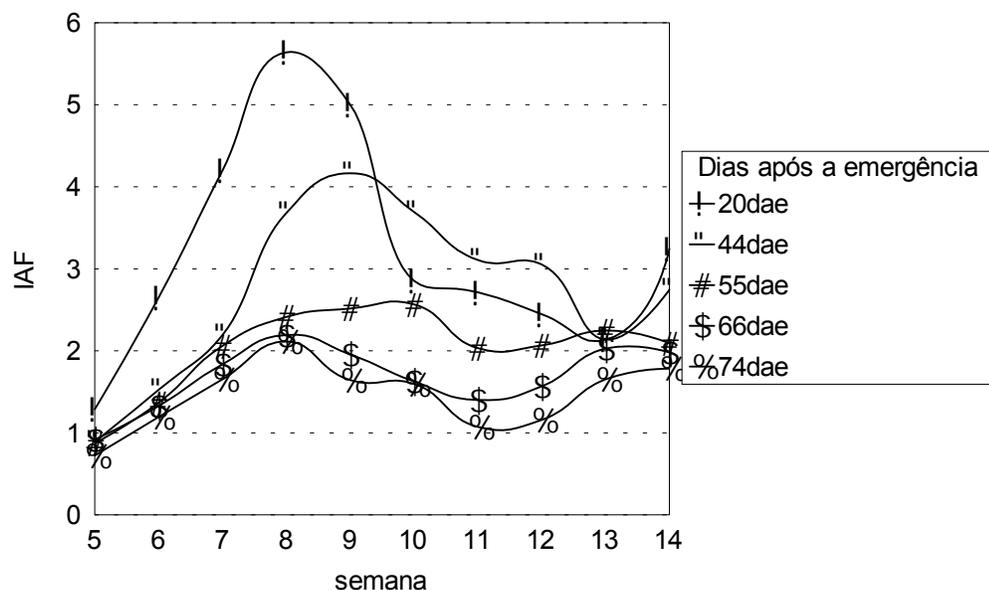


FIGURA 1E – Índice de área foliar obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

A interpretação dos dados obtidos de IAF, mostram que índices mais altos foram obtidos com aplicações em cobertura aos 20 dias após a emergência para os tratamentos com 150 e 200 kg N/ha.

Os picos máximos de IAF aparecem, na maioria das vezes na oitava semana (um pouco antes do florescimento) independente do tratamento empregado. Para PEREIRA & MACHADO (1987) quanto mais rápido a cultura atingir o máximo IAF e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, maior será a produtividade. Com exceção dos tratamentos com 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura e 200 kg N/ha em cobertura, com cobertura a partir dos 44 dias após a emergência das plantas, todos os demais tratamentos atingiram valores de IAF 5, que é o valor estabelecido como máximo para as culturas do milho e sorgo (FUNCTIONAL GROUP EDITOR, 2003). Essas aplicações tardias podem ser prejudiciais pois haverá redução de área para interceptação da radiação solar, e isto fará com que a planta disponha de menos fotoassimilados para o enchimento de grãos.

Com IAF de aproximadamente 3, em torno de 90% da radiação fotossinteticamente ativa é interceptada pelas folhas do topo do dossel, segundo MARCELIS *et al.* (1998). Isto ocorreu em praticamente todos os tratamentos, com exceção das épocas de aplicação aos 55, 66 e 74 dae do tratamento com 200 kg N/ha em cobertura que não atingiram este valor de IAF.

O IAF médio, no período de enchimento de grãos, foi 2,5. Logo, pode-se dizer com base na afirmação de MARCELIS *et al.* (1998) que 75% da radiação foi interceptada pelas folhas do topo do dossel e 25% pelas folhas do interior, incluindo as folhas da base das plantas. Os tratamentos com 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura e 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura a partir dos quarenta e quatro dias após a emergência das plantas, apresentaram IAF entre 1,0 e 3,5 fazendo com que uma maior percentagem de radiação chegue no solo quando comparado com os demais tratamentos.

4.1.3.2 – Produtividade biológica (PB)

Através da Figura 2A se observa que o tratamento que recebeu 200 kg N/ha na base apresentou um valor máximo de acumulação na décima segunda semana após a emergência (estádio de grão em massa mole), e a partir desse momento ocorreu uma estabilização na produtividade biológica.

Para o tratamento com 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura, a Figura 2B mostra que os valores máximos de produtividade biológica foram obtidos após a décima segunda semana. Neste caso o valor mais alto pertenceu a época de aplicação aos 20 dias após a emergência das plantas (1500 gramas/m²).

Na Figura 2C, se observa que para o tratamento com 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura, os valores mais altos de produtividade

biológica(1600 gramas/m²) na décima terceira semana pertenceram as épocas de aplicação aos 55 e 66 dias após a emergência.

No tratamento com 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura, a Figura 2D mostra que a maior valor de produtividade biológica ocorreu aos 66 dias após a emergência das plantas (1800 gramas/m²).

Com 200 kg N/ha em cobertura, os maiores valores de produtividade biológica na décima quarta semana pertenceram aos tratamentos aplicados aos 20 e aos 44 dias após a emergência das plantas conforme mostra a Figura 2E (1500 e 1400 gramas/m²). Os tratamentos aos 66 e aos 74 dias apresentaram na décima quarta, os valores mais baixos de produtividade biológica (500 e 660 grams/m²).

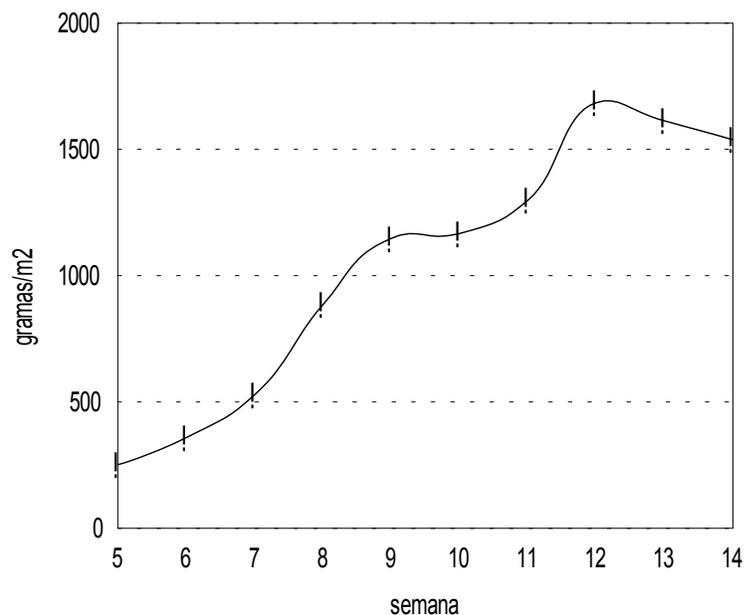


FIGURA 2A – Produtividade biológica obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha na base. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

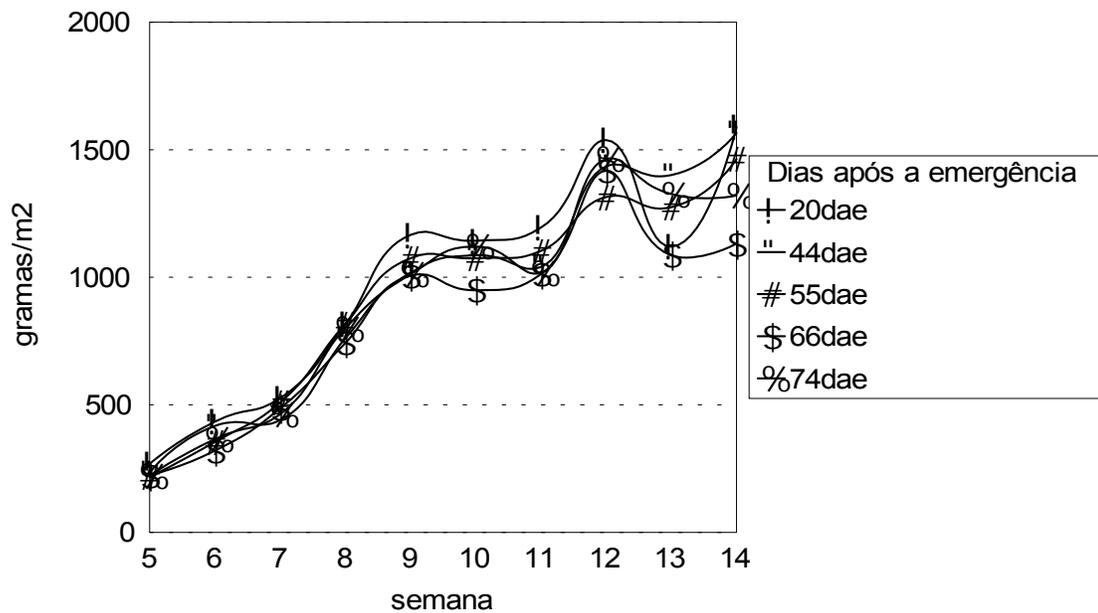


FIGURA 2B – Produtividade biológica obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

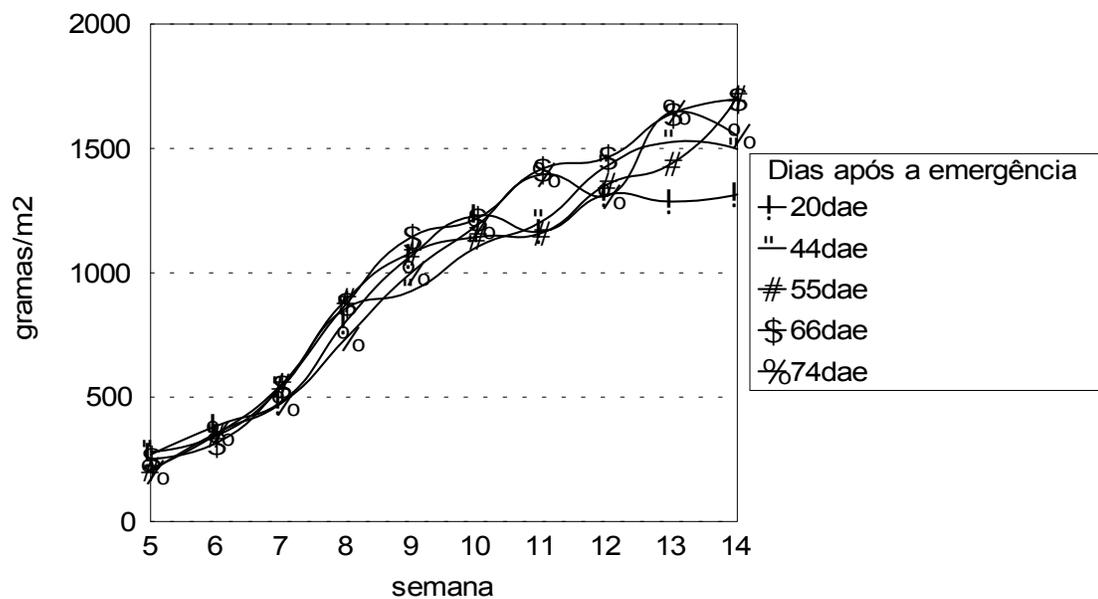


FIGURA 2C – Produtividade biológica obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

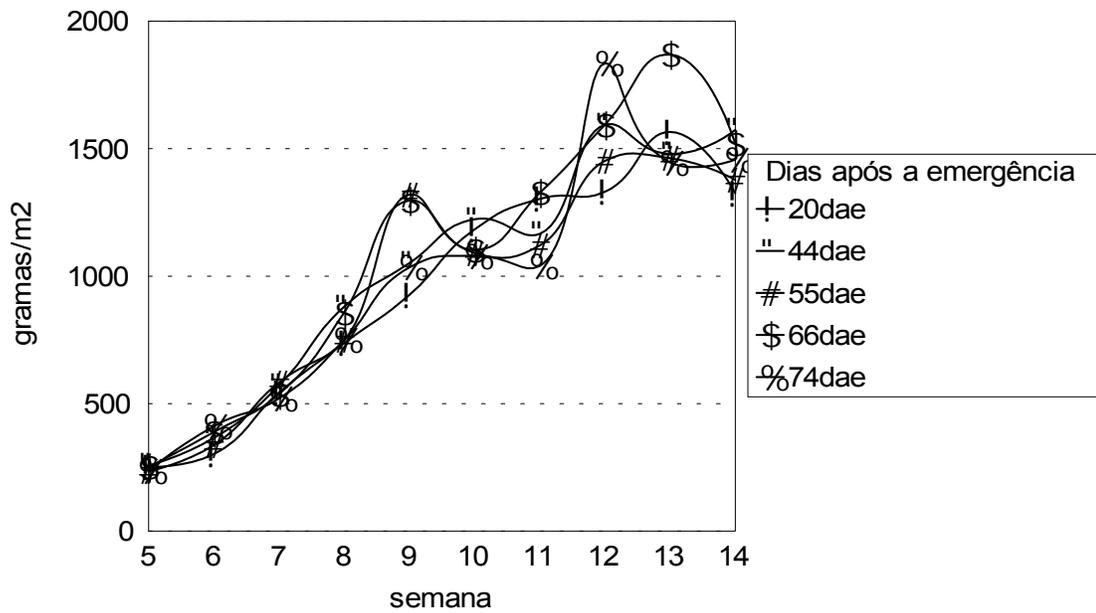


FIGURA 2D – Produtividade biológica obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

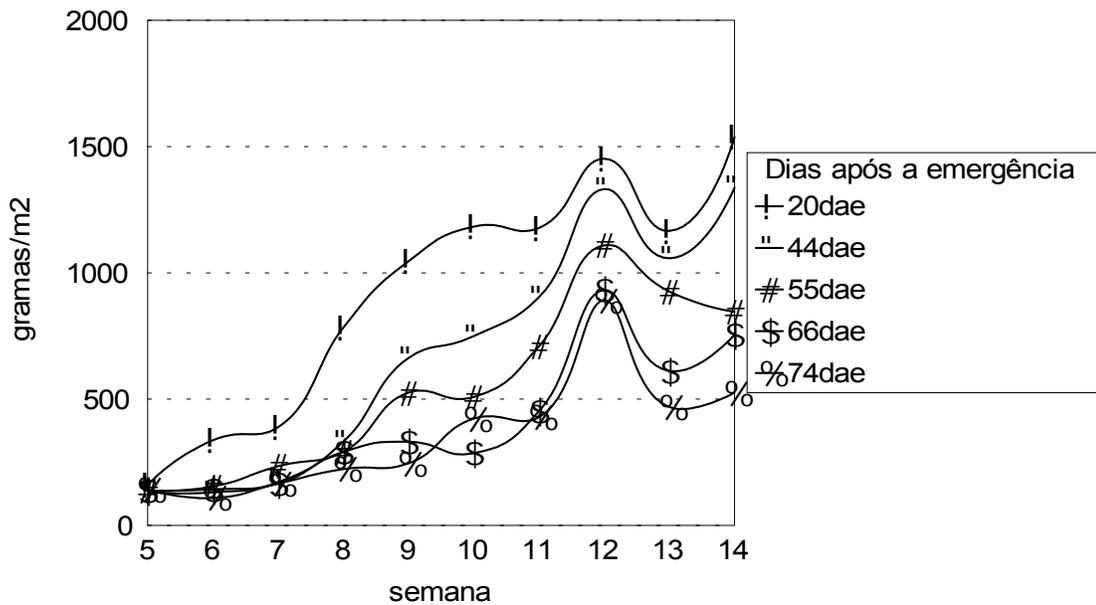


FIGURA 2E – Produtividade biológica obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

Os resultados mostraram que as aplicações feitas com 200 kg N/ha na base, 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura, 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura apresentaram valores de produtividade biológica semelhantes para as épocas de aplicação aos 20, 44, 55, 66 e 74 dias após a emergência das plantas. O tratamento com 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura apresentou um maior valor de produtividade biológica para as épocas de aplicação aos 20, 44 e 55 dias. Com relação ao tratamento com 200 kg N/ha em cobertura, as melhores respostas foram aos 20 e 44 dias, pois a aplicação aos 55 dias mostrou um valor intermediário dentro deste tratamento e as aplicações feitas aos 66 e 74 dias mostraram um valor correspondente a metade daquelas aplicações realizadas aos 20 e 44 dias.

Para LOPES & MAESTRI (1973), a medida que aumenta o IAF, a absorção de luz e a taxa de produtividade biológica também aumentam, isto pode ser constatado no presente experimento. Isto mostra que altas doses de N em aplicações tardias proporcionam menor acúmulo de produtividade biológica, mesmo em nível médio de teor de matéria orgânica no solo, como na situação deste estudo. Como o IAF afeta diretamente a fotossíntese, que é o processo responsável pelo fornecimento de energia necessária ao crescimento, o nitrogênio desempenha um papel fundamental para isto. Os resultados obtidos confirmam os trabalhos de MUCHOW & DAVIS (1988) e ANDRADE *et al.* (1993a) de que plantas com boa disponibilidade de nitrogênio interceptam uma maior quantidade de radiação, devido ao maior índice de área foliar e duração da área foliar, traduzindo-se numa maior produção de biomassa.

Os maiores valores de produtividade biológica ocorreram entre a décima segunda e a décima quarta semanas (dentro do período reprodutivo), onde valores variaram de 1.440 a 1.600 gramas/m², exceto para as aplicações aos 55, 66 e 74 dias do tratamento com 200 kg N/ha em

cobertura. Se for utilizado o valor de conversão da energia em biomassa para milho e sorgo de 1,75 KJ por grama (FUNCTIONAL GROUP EDITOR, 2003), se terá de 2.450 a 2.625 KJ de energia convertida nessa biomassa. Dentro deste contexto, e levando em consideração a afirmação de que a dinâmica da produção fotossintética é avaliada através da acumulação de massa seca (MAGALHÃES, 1979), pode-se dizer que até os 44 dias, as aplicações com 200 kg N/ha em cobertura proporcionam satisfatória produção fotossintética, ao passo que aplicações tardias implicam em menor produção fotossintética.

4.1.4 - Quantificações de nitrogênio na parte aérea das plantas

Para o tratamento que recebeu 200 kg N/ha na base, a Figura 3A mostra que o valor máximo de nitrogênio na parte aérea (aproximadamente 220 kg N/ha) ocorreu na décima segunda semana (estádio de grão em massa mole) após a emergência das plantas. A partir de então, o valor permaneceu mais ou menos constante até a última avaliação realizada.

A Figura 3B mostra que o tratamento com 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura apresentou os maiores valores de nitrogênio, na parte aérea, entre a décima segunda e a décima quarta semana com valores de 210 à 220 kg N/ha. Exceção foi verificada na época de aplicação aos 20 dias, que apresentou em torno de 190 kg N/ha.

Pela observação da Figura 3C, se verifica que o tratamento com 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura, proporcionou os maiores picos de nitrogênio na parte aérea das plantas, nas aplicações feitas aos 66 e 74 dias após a emergência, com valores próximos a 230 kg N/ha na décima segunda e décima terceira semanas após a emergência das plantas.

Através da Figura 3D nota-se que o tratamento com 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura apresentou valores máximos de N na parte aérea das plantas na décima segunda e décima quarta semanas, com

variação de 190 kg N/ha a 205 kg N/ha, entre a aplicação realizada aos 20 dias e aos 66 e 74 dias, respectivamente.

Através da visualização da Figura 3E, se verifica o comportamento apresentado pelo tratamento que recebeu 200 kg N/ha em cobertura. A época de aplicação aos 20 dias após a emergência apresentou maior quantidade de nitrogênio por hectare, em todas as 10 semanas de avaliação. Na décima segunda e décima quarta semanas apresentou, também, o maior pico, com valor de 200 kg N/ha. A época de aplicação aos 44 dias apresentou um pico máximo de absorção de 190 kg N/ha na décima segunda semana. As épocas de aplicação aos 66 e aos 74 dias apresentaram quantidade máxima de 150 kg N/ha, na décima segunda semana (estádio de grão em massa mole).

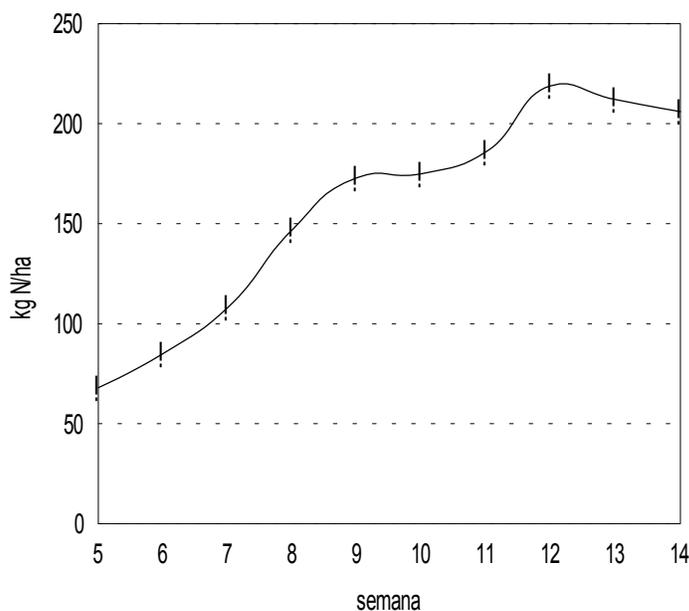


FIGURA 3A – Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha na base. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

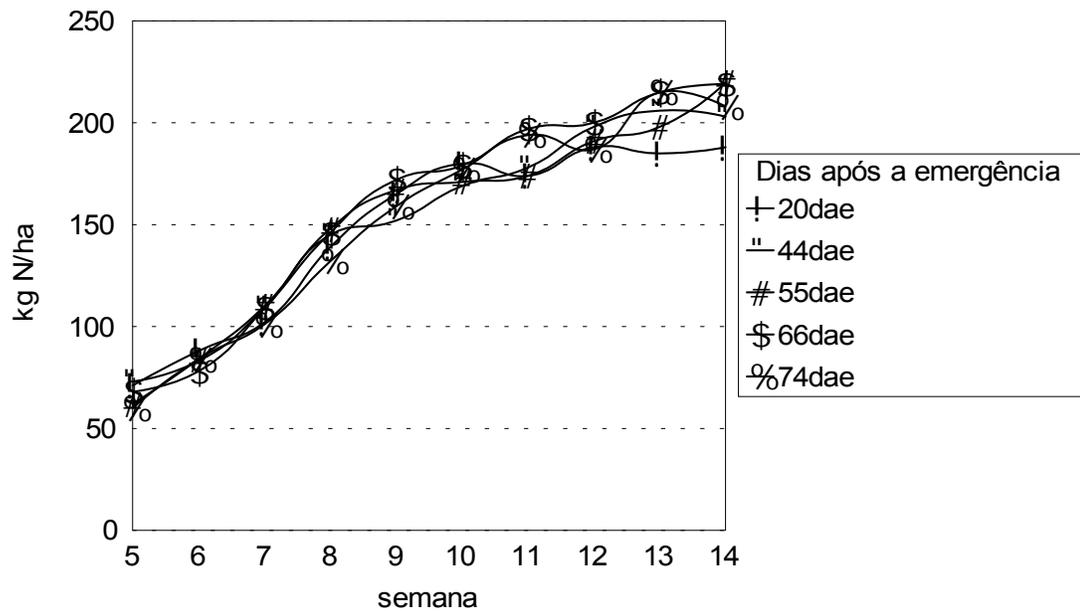


FIGURA 3B – Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

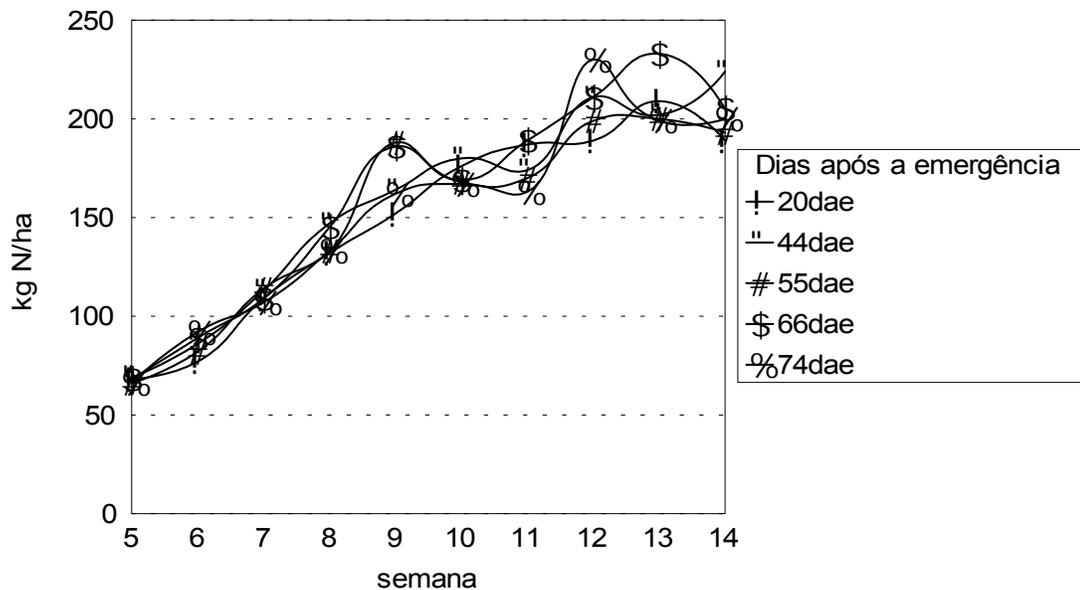


FIGURA 3C – Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

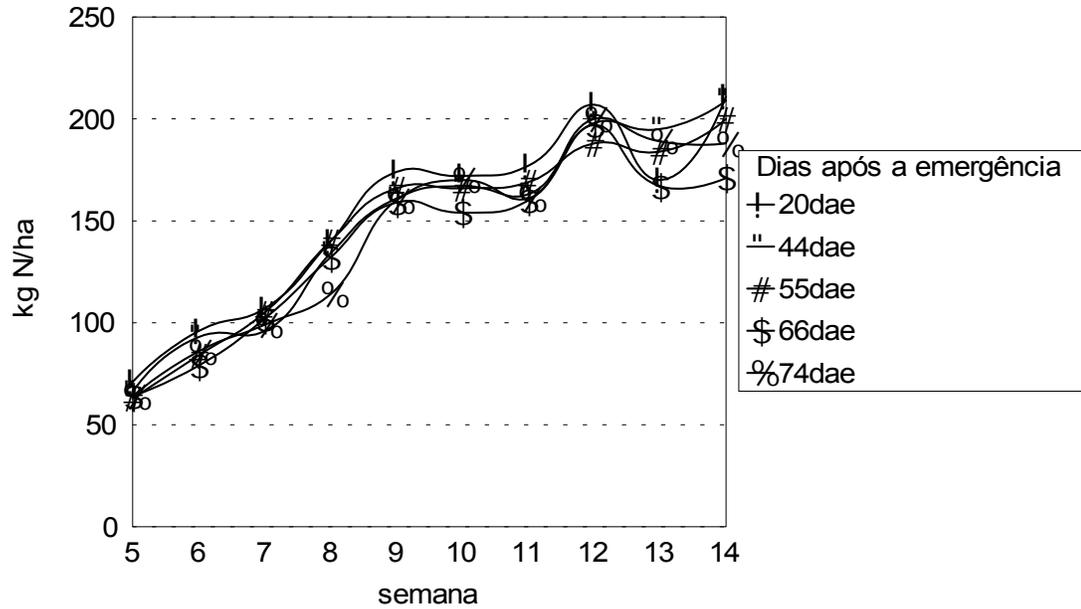


FIGURA 3D – Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

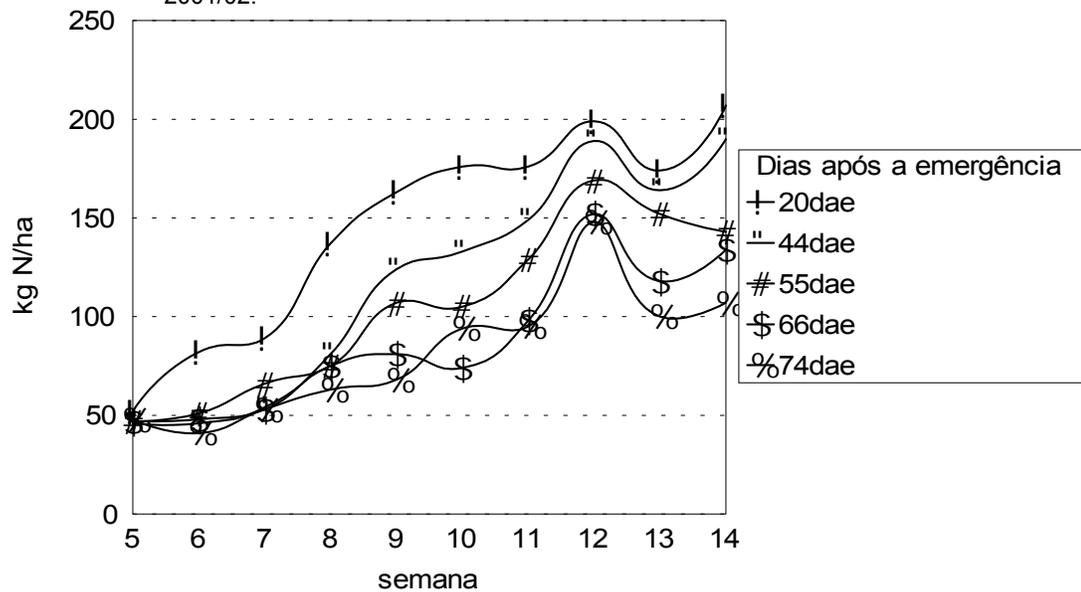


FIGURA 3E – Quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) obtido em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

A interpretação dos dados obtidos para quantidade de N na parte aérea mostra que os tratamentos com 200 kg N/ha na base, 150 kg N/ha na

base e 50kg N/ha em cobertura, 100 kg N/ha na base e 100kg N/ha em cobertura, 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura, apresentam no final da décima segunda semana aproximadamente 200 kg N/ha na parte aérea das plantas. Parte desta quantidade também pode ser devida a influência do N presente na matéria orgânica do solo. Como a análise do solo indicou um teor de matéria orgânica de 3,2% e considerando a afirmação de Mengel (1996) apud YAMADA (1996), que diz que a cada 1% de matéria orgânica do solo pode liberar 20 kg N, pode-se dizer que pode-se ter um acréscimo de 64 kg N/ha disponível. No tratamento 200 kg N/ha em cobertura, somente a aplicação aos 20 dias atingiu 200 kg N/ha. Pela Figura 3E, se observa que a aplicação de N até 20 dias após a emergência pouco afeta a quantidade total de N acumulado na parte aérea, mas à medida que se retarda a adubação de cobertura, o N total acumulado é reduzido.

Nos tratamentos onde o N foi aplicado mais cedo, pode-se constatar através da massa seca acumulada pela plantas, que aproximadamente 50% do N aplicado foi absorvido até a sétima semana (uma semana antes do florescimento). Pelos valores de massa seca obtidos entre a oitava e a nona semana, pode-se dizer que 70% do N já se encontrava absorvido pela planta. Estes resultados concordam com os de VANDERLIP (2003) que comenta que aos sessenta dias, 70% do N é absorvido pelas plantas de sorgo. As aplicações mais tardias mostram que a planta tem dificuldades para a absorver o N e isto foi constatado por MENGEL & BARBER (1974) que observaram que a absorção de nitrogênio em milho aos 20 dias atingia velocidade máxima ao passo que aos setenta dias atingia apenas 0,5% do atingido aos 20 dias. A pouca assimilação por aplicações tardias, provavelmente deve-se à perda de eficiência do sistema radicular das plantas.

4.1.5 – Parâmetros morfológicos e de rendimento

Os quadrados médios da análise de variância encontram-se no Anexo IV.

4.1.5.1 - População final de plantas e estatura de plantas

A população final de plantas e a estatura de planta não foram influenciadas pelas combinações de nitrogênio (na base e em cobertura), pois diferenças significativas para os tratamentos não foram observadas (Tabela 3)

TABELA 3 - Médias de população final e estatura de planta em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			População Final	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			Estatura(cm)	
	BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO		BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO		
T21	0	200	74dae	95,33	T19	0	200	55dae	164,33
T20	0	200	66dae	92,00	T20	0	200	66dae	161,33
T8	100	100	44dae	91,00	T8	100	100	44dae	159,33
T13	50	150	44dae	90,33	T10	100	100	66dae	158,33
T11	100	100	74dae	89,33	T9	100	100	55dae	157,33
T18	0	200	44dae	89,33	T21	0	200	74dae	156,66
T5	150	50	66dae	87,66	T18	0	200	44dae	156,00
T12	50	150	20dae	87,66	T3	150	50	44dae	153,00
T14	50	150	55dae	87,33	T5	150	50	66dae	152,66
T17	0	200	20dae	87,00	T2	150	50	20dae	152,66
T7	100	100	20dae	86,33	T1	200	0	0dae	151,66
T2	150	50	20dae	86,00	T16	50	150	74dae	151,33
T16	50	150	74dae	86,00	T13	50	150	44dae	151,33
T3	150	50	44dae	85,00	T15	50	150	66dae	150,66
T9	100	100	55dae	85,00	T11	100	100	74dae	150,00
T6	150	50	74dae	84,66	T14	50	150	55dae	147,66
T4	150	50	55dae	84,66	T7	100	100	20dae	147,00
T10	100	100	66dae	84,33	T12	50	150	20dae	147,00
T19	0	200	55dae	84,00	T6	150	50	74dae	146,66
T15	50	150	66dae	82,33	T17	0	200	20dae	145,00
T1	200	0	0dae	82,00	T4	150	50	55dae	145,00
Média				87,01					152,61
C.V (%)				8,38					7,03

*dae = dias após a emergência.

A média de população final foi 87,01 plantas por área útil e a média de estatura de plantas ficou em 152,61cm (Tabela 3). Os valores de estatura de planta encontrados são similares aos obtidos por RAUPP *et al.* (2000) e MONTAGNER (2003) para a cultivar BRS 305, que obtiveram valores de 166 cm e 155 cm, respectivamente.

4.1.5.2 - Diâmetro de colmo e número de panículas

Através da Tabela 4, verifica-se que a média de diâmetro de colmo foi de 16,46 mm. Este resultado é similar ao valor obtido por MONTAGNER (2003), para cultivar BRS 305 que foi de 16 mm. Os tratamentos com 200 kg N/ha em cobertura aos 55, 66 e 74 dias após a emergência das plantas, diferiram significativamente dos demais tratamentos.

TABELA 4 - Médias de diâmetro de colmo e número de panículas em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			Diâmetro(mm)	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			Panículas	
	BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO		BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO		
T6	150	50	74dae	18,35a	T20	0	200	66dae	100,33
T7	100	200	20dae	17,76a	T21	0	200	74dae	91,00
T14	50	150	55dae	17,50a	T13	50	150	44dae	90,00
T18	0	200	44dae	17,48a	T16	50	150	74dae	89,00
T12	50	150	20dae	17,33a	T14	50	150	55dae	88,33
T8	100	100	44dae	17,33a	T8	0	200	44dae	88,33
T5	150	50	66dae	17,17a	T11	100	100	74dae	86,66
T16	50	150	74dae	17,12a	T19	0	200	55dae	86,33
T1	200	0	0dae	17,10a	T17	0	200	20dae	85,33
T3	150	50	44dae	17,02a	T9	100	100	55dae	84,33
T10	100	100	66dae	16,98a	T7	100	100	20dae	84,33
T4	150	50	55dae	16,96a	T15	50	150	66dae	84,00
T17	0	200	20dae	16,94a	T5	150	50	66dae	83,66
T2	150	50	20dae	16,76a	T8	100	100	44dae	83,33

T15	50	150	66dae	16,48a	T10	100	100	66dae	83,33
T11	100	100	74dae	16,03a	T6	150	50	74dae	82,66
T13	50	150	44dae	15,68a	T3	150	50	44dae	82,33
T9	100	100	55dae	15,64a	T12	50	150	20dae	80,33
T19	0	200	55dae	14,60b	T1	200	0	0dae	79,33
T20	0	200	66dae	13,32b	T2	150	50	20dae	77,66
T21	0	200	74dae	12,13b	T4	150	50	55dae	77,00
Média				16,46					85,11
C.V (%)				8,45					6,91

*Médias não ligadas por mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott (5%).

*dae = dias após a emergência

Postula-se que a aplicação de 200 kg N/ha em cobertura aos 55, 66 e 74 dias após a emergência das plantas compromete o crescimento e o desenvolvimento das folhas, reduzindo assim área de interceptação de radiação, resultando em menor acúmulo de carbono. Portanto esta prática de manejo pode ser muito tardia para cultura não devendo ser recomendada seu uso. Com relação a variável número de panículas não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados (Tabela 4), sendo que a média foi 85,11 panículas.

4.1.5.3 - Número de espiguetas por panícula e número de grãos por panícula

Observa-se através da Tabela 5, que o valor médio de número de grãos por panícula foi de 2571,14 grãos. Este dado obtido no presente estudo é similar ao resultado de 2500 grãos por panícula, obtido por MONTAGNER (2003) em trabalho realizado com a cultivar BRS 305. Os tratamentos T3, T5, T20, T16 e T21, diferiram significativamente dos demais tratamentos testados. Através destes dados observa-se que aplicações de doses de 150 e 200 kg N/ha em cobertura aos 74 dias não proporcionam aumentos no número de grãos, pois a planta já não se encontra no subperíodo diferenciação dos primórdios florais-florescimento e sim no subperíodo florescimento-polinização.

Uma aplicação de N aos 74 dias após a emergência é tardia para o sorgo, uma vez que no final do subperíodo diferenciação dos primórdios

florais-florescimento já está definido o número potencial de inflorescências por unidade de área e o número potencial de grãos por inflorescência. O número potencial de grãos que vai se transformar em número real de grãos depende entre outros fatores de uma boa disponibilidade de nitrogênio no subperíodo diferenciação dos primórdios florais-florescimento. Estes resultados concordam com os obtidos por UHART & ANDRADE (1995a,b) e BINDER *et al.* (2000) que obtiveram os melhores resultados na cultura do milho quando o nitrogênio era disponibilizado antes do florescimento.

Através da aplicação do teste de Scott-Knott (Tabela 5), verifica-se que os tratamentos T21, T20, T19, T18, T16, T15 e T14 diferiram significativamente dos demais tratamentos. A média de espiguetas por panícula foi de 58,39 espiguetas (Tabela 5).

TABELA 5 - Médias de número de grãos por panícula e número de espiguetas por panícula em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

	Adubação Nitrogenada (kg/ha)		Nº grãos	Adubação Nitrogenada (kg/ha)		Espiguetas			
	BASE	COBERTURA		BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO	APLICAÇÃO		
T17	0	200	20dae	3730,66a	T19	0	200	55dae	65,33a
T10	100	100	66dae	3468,00a	T18	0	200	44dae	64,33a
T18	0	200	44dae	3296,66a	T21	0	200	74dae	62,66a
T7	100	100	20dae	3169,66a	T20	0	200	66dae	61,66a
T8	100	100	74dae	2880,66a	T15	50	150	66dae	60,66a
T13	50	150	44dae	2876,00a	T16	50	150	74dae	59,66a
T19	0	200	55dae	2870,66a	T14	50	150	55dae	59,66a
T4	150	50	55dae	2770,00a	T6	150	50	74dae	58,66b
T5	150	50	55dae	2769,66a	T9	100	100	55dae	58,33b
T12	50	150	20dae	2664,33a	T8	100	100	44dae	58,00b
T14	50	150	55dae	2617,00a	T17	0	200	20dae	57,33b
T9	100	100	55dae	2582,33a	T2	150	50	20dae	57,33b
T2	150	50	20dae	2483,00a	T7	100	100	20dae	57,33b

T1	200	0	0dae	2453,00a	T4	150	50	55dae	57,33b
T6	150	50	74dae	2409,33a	T1	200	0	0dae	56,66b
T11	100	100	74dae	2321,66a	T11	100	100	74dae	56,00b
T3	150	50	44dae	2177,00b	T3	150	50	44dae	55,33b
T5	50	150	66dae	1740,00b	T12	50	150	20dae	55,33b
T20	0	200	66dae	1682,33b	T13	50	150	44dae	55,00b
T16	50	150	74dae	1576,00b	T5	150	50	66dae	55,00b
T21	0	200	74dae	1356,00b	T10	100	100	66dae	54,66b
Média				2571,14					58,39
C.V (%)				26,60					5,77

*Médias ligadas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott (5%).

*dae = dias após a emergência

4.1.5.4 - Índice de colheita e peso de mil grãos

Os tratamentos avaliados não apresentaram diferença significativa nas variáveis índice de colheita e peso de mil grãos (Tabela 6). A média de índice de colheita foi de 36% (Tabela 6). Este valor expresso em porcentagem representa o peso de grãos em relação a massa seca total da planta por ocasião da colheita. Já a média de peso de mil grãos ficou em 23,71 gramas (Tabela 6), e este resultado esta de acordo com o valor de 24 gramas, observado por MONTAGNER (2003) em experimento conduzido com esta mesma variedade de sorgo. Este elemento é considerado muito estável, à medida em que foram sendo dadas as condições favoráveis, atingiu seu limite genético independente do tratamento aplicado.

TABELA 6 - Médias de índice de colheita e peso de mil grãos em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

Adubação Nitrogenada (kg/ha)				Índice de colheita (%)	Adubação Nitrogenada (kg/ha)				peso de mil grãos (g)
BASE		COBERTURA		APLICAÇÃO	BASE		COBERTURA		APLICAÇÃO
T18	0	200	44dae		41,66	T21	0	200	
T6	150	50	74dae	41,00	T16	50	150	66dae	28,33
T2	150	50	20dae	38,33	T20	0	200	66dae	26,66
T12	50	150	20dae	38,00	T11	100	100	74dae	25,00
T8	100	100	44dae	37,66	T6	150	50	44dae	25,00

T19	0	200	55dae	37,66	T4	150	50	55dae	24,66
T1	200	0	0dae	37,33	T15	50	150	66dae	24,66
T14	50	150	55dae	36,66	T19	0	200	55dae	24,33
T5	150	50	66dae	36,66	T10	100	100	66dae	24,00
T7	100	100	20dae	36,33	T1	200	0	0dae	23,33
T3	150	50	44dae	36,33	T3	150	50	44dae	23,33
T11	100	100	74dae	35,66	T7	100	100	20dae	23,00
T17	0	200	20dae	35,66	T9	100	100	55dae	22,66
T4	150	50	55dae	35,66	T14	50	150	66dae	22,66
T10	100	100	66dae	35,33	T17	0	200	20dae	22,33
T16	50	150	74dae	35,00	T2	150	50	20dae	22,00
T13	50	150	44dae	35,00	T5	150	50	66dae	22,00
T9	100	100	55dae	34,33	T13	50	150	44dae	22,00
T20	0	200	66dae	34,00	T18	0	200	44dae	21,66
T21	0	200	74dae	30,00	T12	50	150	20dae	20,66
T15	50	150	66dae	27,66	T8	100	100	44dae	18,33
Média				36,00					23,71
C.V (%)				11,45					15,01

*dae = dias após a emergência

4.1.5.5 - Rendimento de grãos

A Tabela 7 mostra que a média de rendimento de grãos foi 5190 kg/ha. Este valor está de acordo com o obtido por RAUPP *et al.* (1999) e MONTAGNER (2003) em experimentos conduzidos com a cultivar BRS 305. Pela aplicação do teste de Scott-Knott observa-se através da Tabela 7 que houve diferença significativa dos tratamentos T21, T20 T16, T15, T12, T9, T8, T3 e T2 em relação aos demais tratamentos estudados. Verifica-se pela Tabela 7, que os tratamentos com 50 kg N/ha na base mais 150 em cobertura aos 66 e 74 dias (T15 e T16) e 200 kg N/ha em cobertura aos 66 e 74 dias (T20 e T21) apresentaram os mais baixos valores de rendimento de grãos. Este último tratamento citado já havia tido um comportamento similar nas variáveis índice de colheita e número de grãos.

As aplicações aos 66 e 74 dias coincidiram com o final do subperíodo de diferenciação dos primórdios florais-florescimento e o início do subperíodo florescimento-polinização, que são considerados períodos críticos para o sorgo, onde não pode haver deficiências nutricionais, para não causar prejuízos no rendimento. Como houve forte estiagem e foi empregada semeadura direta, deve ter ocorrido pouca mineralização da matéria orgânica, liberando assim pouco nitrogênio. Como a adição de nitrogênio estimula a proliferação de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas no sistema radicular, com pouco N, é de se esperar que o sistema radicular desenvolva menos. Com menor sistema radicular as plantas vão ser menos funcionais na absorção de água e nutrientes, e isto vai prejudicar o desenvolvimento da parte aérea. Com área foliar reduzida, a planta vai interceptar menor quantidade de radiação solar. No presente estudo isto pode ser constatado através das Figuras 1D e 1E, item 4.1.3.1.1. Esta menor área foliar resultou em menor produção de fotoassimilados para o enchimento de grãos (Figuras 2D e 2E, item 4.1.3.1.2). A falta de nitrogênio no início de desenvolvimento das plantas também pode ter afetado a absorção de fósforo. Segundo LOPES (1998) quando aplicado com o nitrogênio, o fósforo se torna mais disponível para as plantas do que quando aplicado sem nitrogênio. Para este autor a, influência do N na absorção do fósforo é muito clara durante a fase inicial do crescimento, pois até 65% do fósforo contido no fertilizante é absorvido neste período.

TABELA 7 - Médias de rendimento de grãos (kg/ha) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			Rendimento (kg/ha)
	BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO	
T10	100	100	66dae	6596,33a
T19	0	200	55dae	6272,33a
T6	150	50	74dae	6145,00a
T7	100	100	20dae	6019,00a

T17	0	200	20dae	6018,66a
T18	0	200	44dae	5979,66a
T13	50	150	44dae	5628,00a
T5	150	50	66dae	5523,33a
T14	50	150	55dae	5411,00a
T1	200	0	0dae	5383,33a
T11	100	100	74dae	5311,66a
T4	150	50	55dae	5125,33a
T3	150	50	44dae	5022,33b
T9	100	100	55dae	4943,33b
T2	150	50	20dae	4800,66b
T8	100	100	44dae	4688,33b
T12	50	150	20dae	4580,00b
T20	0	200	66dae	4353,66b
T16	50	150	74dae	3953,00b
T15	50	150	66dae	3852,66b
T21	0	200	74dae	3402,38b
Média				5190,95
C.V (%)				19,38

*Médias ligadas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott (5%).

*dae = dias após a emergência

Nos tratamentos onde o N foi aplicado mais cedo (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D e 3E, item 4.1.4) aproximadamente 50% do N aplicado foi absorvido até a sétima semana (uma semana antes do florescimento). Entre a oitava e a nona semana, 70% do N já se encontrava absorvido pela planta. As aplicações tardias mostram que a planta de sorgo tem mais dificuldades para absorver o N ao passo que no início do desenvolvimento há uma maior facilidade. Dentro deste contexto, as observações feitas em milho por MENGEL & BARBER (1974) também podem ser aplicáveis para o sorgo, pois esses autores comprovaram que aos 20 dias, esta cultura atingia velocidade máxima de absorção de nitrogênio por unidade de comprimento de raiz, ao passo que aos setenta dias atingia apenas 0,5% do atingido aos 20 dias.

4.1.6 – Análise de regressão múltipla progressiva

Para realizar a análise de regressão múltipla utilizou-se como variáveis independentes os seguintes parâmetros: diâmetro de colmo, estatura de planta, população final, número de panículas, número de espiguetas por panícula, número de grãos por panícula, índice de colheita e peso de mil grãos. Como variável dependente foi utilizado o rendimento de grãos.

Através da aplicação do método de Stepwise verificou-se que houveram cinco interações entre variáveis independentes com o rendimento de grãos (Tabela 8). Na interação um a variável a entrar no modelo foi o número de grãos e ficaram de fora da equação diâmetro de colmo, estatura de planta, população final, número de panículas, número de espiguetas, índice de colheita e peso de mil grãos. Para a interação dois, a variável que entrou no modelo foi o índice de colheita, sendo que ficaram de fora da equação diâmetro de colmo, estatura de planta, população final, número de panículas, número de espiguetas e peso de mil grãos. Quanto a interação dois, entrou no modelo peso de mil grãos e ficaram de fora da equação diâmetro de colmo, estatura de planta, população final, número de panículas e número de espiguetas. Na interação três, entrou no modelo a variável peso de mil grãos e ficaram de fora da equação as variáveis diâmetro de colmo, estatura de planta, população final, número de panículas e número de espiguetas. Na interação quatro, entrou no modelo o número de panículas e ficaram de fora diâmetro de colmo, estatura de planta, população e número de espiguetas. Dentro da interação cinco, entrou no modelo o diâmetro de colmo e ficaram de fora estatura de planta, número de espiguetas e população final.

TABELA 8 – Modelos de equações ajustadas através da análise de regressão múltipla utilizando o método Stepwise em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFMS, 2001/02.

INTERAÇÃO	EQUAÇÃO AJUSTADA	R ²
1	$Y=2359,6427 + 1,1011NGP$	0,55

2	$Y=375,8968+1,0613NGP+57,9487IC$	0,59
3	$Y=-2078,9866+1,2383NGP+63,4725IC+75,9414PMG$	0,64
4	$Y=-4771,4548+28,0630NPA+1,2331NGP+62,4927IC+65,5853PMG$	0,66
5	$Y=-6728,9094+126,4873DIA+38,5958NPA+1,1773NGP+52,2545IC+69,2890PMG$	0,69

Onde: Y = rendimento de grãos

DIA = diâmetro de colmo

NGP = número de grãos por panícula

NPA = número de panículas

IC = índice de colheita

PMG = peso de mil grãos.

Através dos coeficientes de determinação (Tabela 8), observa-se que à medida que se vai acrescentando variáveis independentes vai aumentando o R^2 . A magnitude do aumento indica a contribuição da variável. As variáveis diâmetro de colmo, número de grãos por panícula, número de panículas, índice de colheita e peso de mil grãos apresentaram efeito significativo na correlação com rendimento de grãos, sendo que 69% das variações no rendimento de grãos pode ser explicado por esses parâmetros. Estatura de planta, número de espiguetas e população final não apresentaram efeito significativo sobre o rendimento de grãos. A variável número de grãos por panícula ($R^2 = 0,55$) foi a que mais contribuiu para o rendimento de grãos, com uma participação de 55%. Índice de colheita foi a segunda variável que mais contribuiu para o rendimento. A seguir vem o peso de mil grãos, número de panículas e diâmetro de colmo.

4.1.7 - Coeficiente de caminhamento

De maneira geral constatou-se, pela análise de caminhamento que os coeficientes diretos das variáveis explicativas tiveram o mesmo sinal das correlações, e suas magnitudes foram pouco elevadas, pois não

superaram a estimativa do efeito residual, com exceção da variável número de grãos por panícula (Tabela 9).

O número de grãos por panícula destaca-se como a mais associada ao rendimento de grãos e tem seu efeito direto com o mesmo sinal da correlação e uma magnitude que supera o efeito da variável residual (Tabela 9). Neste caso, segundo VENCOVSKY & BARRIGA (1992) e CRUZ & REGAZZI (1997) se o coeficiente de correlação entre um fator causal e o caráter final (Y) for igual ou semelhante ao seu efeito direto, em magnitude e sinal, esta correlação explica a verdadeira associação existente. Assim, uma seleção direta sobre o referido fator causal será eficiente para melhorar o caráter Y. Através desta análise feita no presente estudo, pode-se afirmar que esta variável auxiliar é a principal determinante das variações na variável principal (rendimento de grãos).

Através do coeficiente de determinação mostrado na Tabela 9, pode-se afirmar que 69% na variação do rendimento pode ser explicado pelos oito caracteres analisados. Ao multiplicar o resultado do efeito direto pelo coeficiente de correlação, estabeleceu-se os seguintes percentuais de participação no rendimento de grãos de sorgo: diâmetro de colmo (+6,38%), estatura de planta (+2,57%), população final (-0,42%), número de panículas (+2,50), número de espiguetas (+0,01%), número de grãos por panícula (+57,76%), índice de colheita (+5,35%) e peso de mil grãos (-5,21%).

A análise de caminhamento confirmou o que anteriormente a análise progressiva aditiva já havia detectado, que o número de grãos por panícula é a variável que mais contribui para o rendimento de grãos. Postula-se que as condições ambientais favoráveis, principalmente a temperatura, durante a estação de crescimento, foi determinante para esta variável se destacar dentre as demais. Isto concorda com ALLISON & DAYNARD (1979) e BONHOME *et al.* (1984), que observaram efeitos positivos da temperatura

nos primeiros dias da emergência ao espigamento sobre o número de óvulos formados (futuros grãos) em milho.

TABELA 9 - Efeito direto e indireto das variáveis diâmetro de colmo, estatura de planta, população final, número de panículas, número de espiguetas, número de grãos por panícula, índice de colheita e peso de mil grãos sobre rendimento de grãos. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02

Diâmetro de colmo	
Efeito direto sobre rendimento	0,190300
Efeito indireto via estatura	-0,019605
Efeito indireto via população	0,004685
Efeito indireto via número de panículas	-0,076602
Efeito indireto via número de espiguetas	-0,0014 12
Efeito indireto via número de grãos	0,261181
Efeito indireto via índice de colheita	0,039933
Efeito indireto via peso de mil grãos	
Total	0,335500
Estatura de planta	
Efeito direto sobre rendimento	0,084103
Efeito indireto via diâmetro	-0,044359
Efeito indireto via população	-0,004839
Efeito indireto via número de panículas	0,037226
Efeito indireto via número de espiguetas	0,001247
Efeito indireto via número de grãos	0,177994
Efeito indireto via índice de colheita	0,045742
Efeito indireto via peso de mil grãos	0,008685
Total	0,305800
População final	
Efeito direto sobre rendimento	-0,016403
Efeito indireto via diâmetro	-0,054350
Efeito indireto via estatura	0,024811
Efeito indireto via número de panículas	0,151138
Efeito indireto via número de espiguetas	0,000530
Efeito indireto via número de grãos	0,122148
Efeito indireto via índice de colheita	0,029683
Efeito indireto via peso de mil grãos	0,000043
Total	0,257600
Número de panículas	
Efeito direto sobre rendimento	0,206698
Efeito indireto via diâmetro	-0,070525
Efeito indireto via estatura	0,015147
Efeito indireto via população	-0,011994
Efeito indireto via número de espiguetas	0,001927
Efeito indireto via número de grãos	-0,065140
Efeito indireto via índice de colheita	-0,000515
Efeito indireto via peso de mil grãos	0,045502
Total	0,121100
Número de espiguetas	
Efeito direto sobre rendimento	0,005787
Efeito indireto via diâmetro	-0,046433
Efeito indireto via estatura	0,018124
Efeito indireto via população	-0,001502
Efeito indireto via número de panículas	0,068830

Efeito indireto via número de grãos	-0,070020
Efeito indireto via índice de colheita	0,004175
Efeito indireto via peso de mil grãos	0,049289
Total	0,019900
<hr/>	
Número de grãos	
Efeito direto sobre rendimento	0,774559
Efeito indireto via diâmetro	0,064169
Efeito indireto via estatura	0,019327
Efeito indireto via população	-0,002587
Efeito indireto via número de panículas	-0,017383
Efeito indireto via número de espiguetas	-0,000523
Efeito indireto via índice de colheita	0,022915
Efeito indireto via peso de mil grãos	-0,115777
Total	0,744700
<hr/>	
Índice de colheita	
Efeito direto sobre rendimento	0,177638
Efeito indireto via diâmetro	0,042779
Efeito indireto via estatura	0,021657
Efeito indireto via população	-0,002741
Efeito indireto via número de panículas	-0,000599
Efeito indireto via número de espiguetas	-0,000136
Efeito indireto via número de grãos	0,099918
Efeito indireto via peso de mil grãos	-0,037116
Total	0,301400
<hr/>	
Peso de mil grãos	
Efeito direto sobre rendimento	0,213926
Efeito indireto via diâmetro	-0,056024
Efeito indireto via estatura	0,003415
Efeito indireto via população	-0,000003
Efeito indireto via número de panículas	0,043965
Efeito indireto via número de espiguetas	0,001333
Efeito indireto via número de grãos	-0,419191
Efeito indireto via índice de colheita	-0,030820
Total	-0,243400
<hr/>	
Coeficiente de determinação = 0,6887698	
Efeito da variável residual = 0,5578801	
<hr/>	

4.2 - Experimento II – ano agrícola 2002/03

4.2.1 - Condições meteorológicas

Na observação dos dados de precipitação da Tabela 10, constata-se que os meses de novembro a março de 2002/03 estiveram bem acima da

média dos últimos 30 anos. No mês de fevereiro de 2003, choveu mais do que o dobro da média do últimos 30 anos.

A temperatura do ar durante o período de instalação do experimento foi superior a média do últimos 30 anos (Tabela 10), sendo janeiro o mês mais quente.

A insolação durante o período experimental esteve bem abaixo da média registrada nos últimos trinta anos, quando o mês de janeiro apresentou o menor valor de insolação. A baixa insolação foi consequência do grande número de dias nublados e chuvosos durante o período compreendido de novembro de 2002 a março de 2003. Na observação dos dados do ano agrícola 2001/02 (Tabela 1) verifica-se que houve dias com maior número de horas de insolação que o ano agrícola 2002/03 (Tabela 10).

TABELA 10 – Temperatura média diária do ar (Temp.), precipitação total mensal (Prec.) e número total de horas de insolação mensal, ocorridos na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM, Santa Maria, RS, durante o período experimental de 2002/2003 e as normais (média de 30 anos).

	1961/1990			2002/2003		
	Prec. (mm)	Temp (°C)	insolação (horas)	Prec. (mm)	Temp (°C)	insolação (horas)
novembro	132,2	21,4	223,3	243,4	22,3	176,5
dezembro	133,5	22,7	244,7	232,8	23,9	198,4
janeiro	145,1	24,6	225,2	177,8	25,3	95,1
fevereiro	130,2	24,0	196,7	342,0	22,6	179,7
março	151,7	22,2	197,5	204,7	25,1	180,8

4.2.2 - Duração do ciclo

A emergência (estádio V-E) de mais de 50% das plantas ocorreu em 22/11/2002.

Os dados obtidos no presente estudo mostraram (Tabela 11) que as plantas de sorgo iniciaram o florescimento entre 70 a 86 dias após a

emergência. De acordo com EMBRAPA (2004), a cultivar BRS 305 tem como característica iniciar o florescimento aos 65-75 dias após a semeadura. Esses resultados obtidos neste segundo ano de experimento são semelhantes ao do ano anterior (Tabela 2), entretanto neste último ano a duração do ciclo foi ainda maior, influenciado fortemente pelas condições climáticas (Tabela 10) vigentes durante o período de condução do experimento.

Através da Tabela 10 observa-se que houve menor número de horas de insolação, em função da ocorrência de muitos dias chuvosos e nublados, o que de fato deve ter contribuído para que as plantas levassem mais dias para completar soma térmica e, conseqüentemente, completassem seu ciclo (Tabela 11). Segundo informações da EMBRAPA (2004) a maturação fisiológica, da cultivar BRS 305, ocorre entre 115 e 130 dias após a semeadura, o que de certa forma foi confirmado neste trabalho. Os resultados obtidos também mostraram que as plantas que receberam adubação nitrogenada desde o início apresentaram menor duração de ciclo. Já as adubações mais tardias provocaram um certo atraso nos estádios fenológicos dos períodos vegetativos e reprodutivos. Estes resultados concordam com UHART & ANDRADE (1995 a,b) que observaram atraso nos estágios quando havia deficiência de N.

Devido a ocorrência de ventos fortes na data de 01/03/2003, sobre a área experimental (Anexo VI), os tratamentos que receberam 50 kg N/ha na base com 150 kg N/ha em cobertura e 200 kg N/ha em cobertura não se encontravam em fase final de maturação fisiológica, e ainda necessitariam de uma a duas semanas a mais para serem colhidos. Porém, em função do dano causado ao experimento, estes, tratamentos tiveram que ser colhidos juntamente com aqueles que já se encontravam prontos para a colheita, pois as plantas encontravam-se totalmente acamadas e quebradas e com as panículas em contato direto com solo úmido. Portanto, o valor descrito na

Tabela 11, para estes tratamentos, foram estimados, ou seja, seria o tempo necessário para que as plantas completassem a maturação. Esta estimativa foi feita com base nos dados obtidos no ano anterior.

TABELA 11 – Média em dias dos subperíodos emergência-formação da panícula (E-P), emergência-florescimento (E-F), emergência-maturação fisiológica (E-MF) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

	Adubação Nitrogenada (kg N/ha)			Ciclo (dias)		
	BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO	E-P	E-F	E-MF
T1	200	0	0dae*	63	70	110
T2	150	50	20dae	63	70	110
T3	150	50	44dae	63	70	110
T4	150	50	55dae	63	70	110
T5	150	50	66dae	63	70	110
T6	150	50	74dae	63	70	110
T7	100	100	20dae	63	70	110
T8	100	100	44dae	63	70	110
T9	100	100	55dae	63	70	110
T10	100	100	66dae	63	70	110
T11	100	100	74dae	63	70	110
T12	50	150	20dae	70	78	120**
T13	50	150	44dae	70	78	120**
T14	50	150	55dae	70	78	120**
T15	50	150	66dae	70	78	120**
T16	50	150	74dae	70	78	120**
T17	0	200	20dae	78	86	127**
T18	0	200	44dae	78	86	127**
T19	0	200	55dae	78	86	127**
T20	0	200	66dae	78	86	127**
T21	0	200	74dae	78	86	127**

** Valores estimados

*dae = dias após a emergência

4.2.3 – Parâmetros de crescimento

4.2.3.1 - Índice de área foliar (IAF)

O tratamento que recebeu 200 kg N/ha na base é visualizado através da Figura 4A. O IAF máximo, em torno de 4,5, foi atingido entre a oitava e a

nona semana após a emergência das plantas. A partir da nona semana (florescimento), decréscimo no valor de IAF foram constantes, uma vez que cessou o crescimento vegetativo e a planta então começou o processo reprodutivo e perda de folhas na parte de baixo das plantas.

No tratamento com 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura descrito pela Figura 4B, a aplicação aos 66 dias apresentou o maior IAF, em torno de 8,0. As épocas de aplicação aos 20 e 44 dias apresentaram IAF de 6,0 a 6,5 e as aplicações aos 55 e 74 dias apresentaram IAF, em torno de 4,5.

Para o tratamento com 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura (Figura 4C), os maiores valores foram obtidos na nona semana (antes do florescimento), sendo que neste caso destacou-se a aplicação aos 55 dias após a emergência com IAF de 8,5.

A Figura 4D mostra o comportamento apresentado pelo tratamento com 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura. Os índices de área foliar máximos foram obtidos na décima semana após a emergência das plantas com variações de 7,0 a 8,5.

A Figura 4E mostra o comportamento apresentado pelo tratamento com 200 kg N/ha em cobertura. Os maiores valores de IAF foram obtidos na décima primeira semana após a emergência das plantas, sendo que os valores de IAF variaram de 7,0 a 9,0.

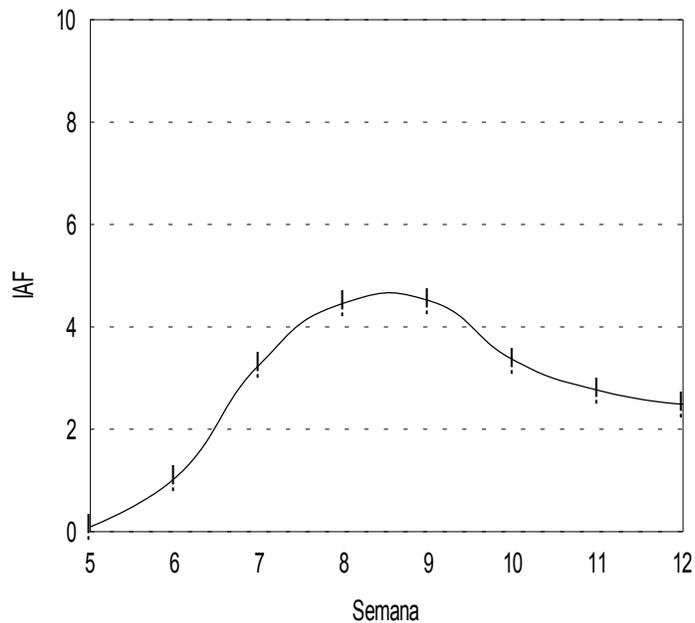


FIGURA 4A – Índice de área foliar obtida em oito semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha na base. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

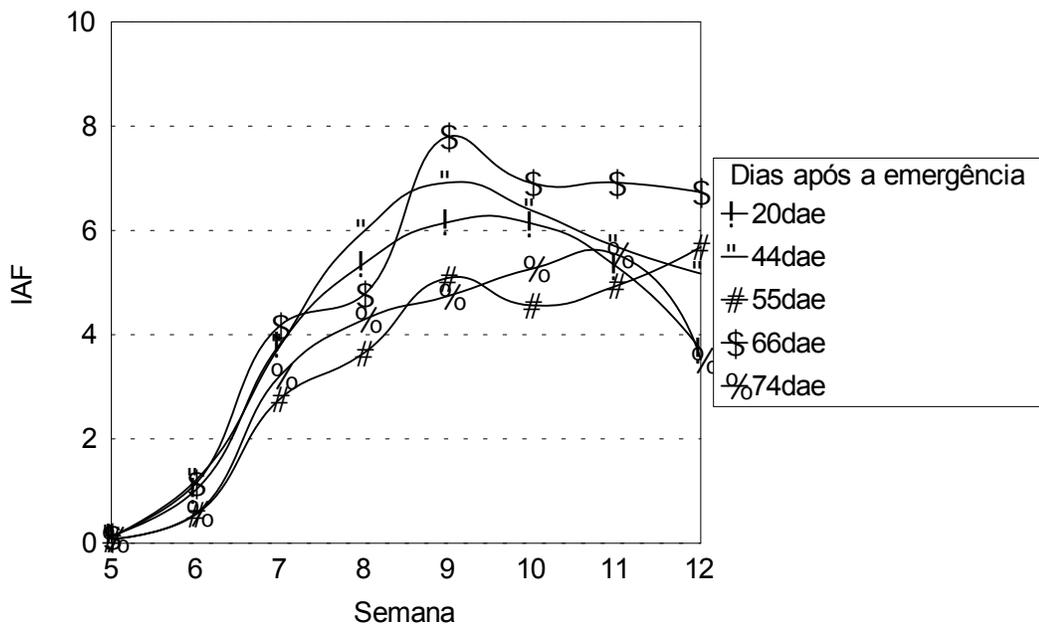


FIGURA 4B – Índice de área foliar obtida em oito semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

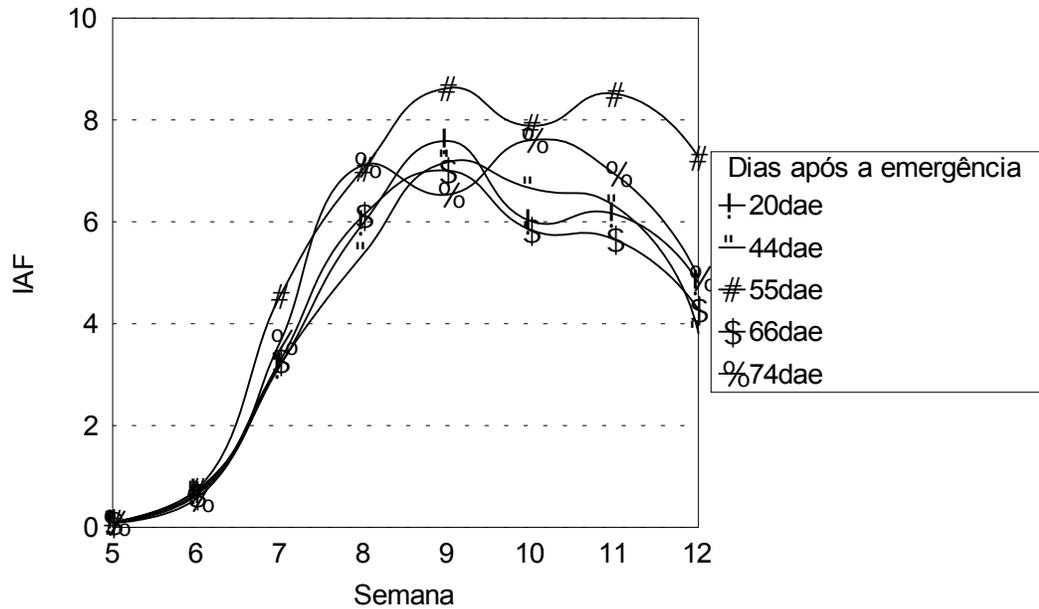


FIGURA 4C – Índice de área foliar obtida em oito semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, UFSM, 2002/03.

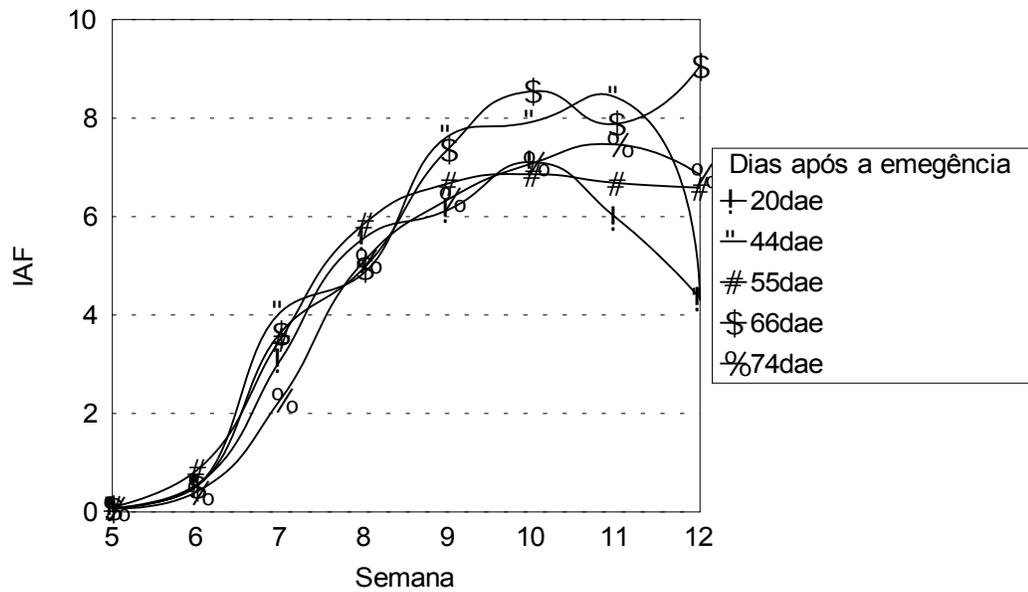


FIGURA 4D – Índice de área foliar obtida em oito semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

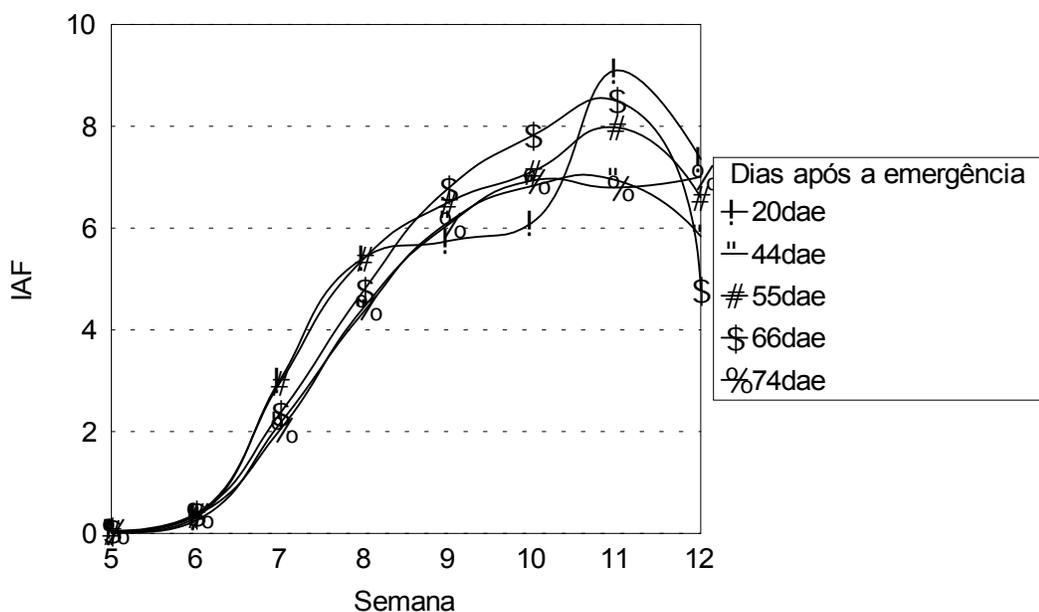


FIGURA 4E – Índice de área foliar obtida em oito semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 200 kg N/ha em cobertura em cinco épocas de aplicação. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

A aplicação de todo o N na base foi o tratamento que apresentou o mais baixo IAF, em torno de 4,5, não atingindo o valor de IAF 5, que é o valor máximo estabelecido para as culturas de milho e sorgo (FUNCIONAL GROUP EDITOR, 2003). Este resultado pode estar associado a uma maior perda de N por lixiviação em função da elevada precipitação ocorrida no mês de novembro, período no qual foi realizada a operação de semeadura. Neste caso, as plantas nutriram-se com o que sobrou do N não lixiviado mais o N contido na matéria orgânica, que na análise do solo acusou 3,3% (ver Anexo 2), o que segundo Mengel (1996) apud YAMADA (1996) corresponde a, aproximadamente, a 66 kg N/ha. Já na aplicação de 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura o IAF não foi tão prejudicado, embora possa ter havido considerável perda por lixiviação, porque contou com o N da matéria orgânica do solo e também com mais 50 kg N/ha em cobertura, totalizando 116 kg N/ha. As aplicações com 50 kg, 100 kg, 150 e 200 kg N/ha em cobertura apresentaram valores de IAF entre 5,5 e 9,5.

Durante o período reprodutivo obteve-se um IAF médio de 4, teríamos 100% da radiação sendo absorvida pelas folhas do dossel, se usarmos a afirmativa de MARCELIS *et al.* (1998), que diz que plantas com IAF de aproximadamente 3, em torno de 90 % da radiação fotossinteticamente ativa é absorvida pelas folhas dossel. Verificando os resultados de IAF do ano anterior (Figuras 1A, 1B, 1C, 1D e 1E) em relação aos deste último ano, observa-se que os valores deste ano são mais elevados e pode-se dizer que isto é em parte devido ao emprego de uma maior densidade populacional e também pela melhor eficiência de uso do N pelas plantas em função da maior disponibilidade hídrica proporcionada pelas precipitações ocorridas no período experimental, condição esta que não foi verificada no ano anterior.

4.2.4 - Parâmetros morfológicos e de rendimento

Os quadrados médios referentes a análise de variância estão descritos no Anexo V.

Devido a ocorrência em 01/03/2003 de ventos de 126 km/hora (ver Anexo VI), o experimento, já em fase final, foi bastante prejudicado. Muitas plantas destinadas a avaliação de rendimento de grãos foram quebradas e acamadas, inclusive muitas daquelas plantas marcadas com etiquetas, nas quais seriam realizadas amostragens de parâmetros morfológicos. Após ocorrerem ainda chuvas e ventos, danificando ainda mais o experimento. Este fato de certa forma prejudicou a avaliação final do experimento, pois não haviam sido feitas as amostragens para os parâmetros morfológicos (diâmetro de colmo, estatura de planta) e de rendimento de grãos e seus componentes. A situação exigiu uma rápida ação no intuito de não perder o experimento.

Para realizar medições de altura de planta e diâmetro de colmo foram levantadas cinco plantas do solo, que não encontravam-se quebradas, apenas estavam acamadas. Já para os parâmetros de rendimento e seus

componentes a dificuldade encontrada foi maior, pois como chovia intensamente, e as panículas encontravam-se em contato direto com o solo, logo iniciou o processo de germinação dos grãos. A solução encontrada neste caso foi colher 10 panículas de dentro da área útil, que não apresentassem grãos germinados, colhê-las juntamente com o colmo e folhas para realizar determinações de rendimento e seus componentes, índice de colheita. Estas panículas foram secas durante dois dias em estufa a 72°C. Apenas como registro, este mesmo fenômeno já havia acontecido no experimento de 2001/02, porém com ventos de menor velocidade (102 km/hora), durante os primeiros estádios do período vegetativo, onde o maior dano verificado foi o arranquio de plantas, porém em baixo número. Nesta ocasião houve acamamento, mas como as plantas apresentavam baixa lignificação, recuperam-se rapidamente, voltando novamente à posição vertical.

4.2.4.1 - Estatura de planta e diâmetro de colmo

Através da Tabela 12 verificou-se que os tratamentos com nitrogênio não diferiram entre si nas variáveis estatura de planta e diâmetro de colmo. A média de estatura foi 195,84 cm. Estes dados de estatura de planta são diferentes dos obtidos por RAUPP *et al.* (2000) e MONTAGNER (2003) para a cultivar BRS 305, que obtiveram valores de 166 cm e 155 cm. Verifica-se que as plantas deste segundo ano de experimento são mais altas, sendo que isto pode ser devido a maior competição por luz, em função da utilização de maior densidade populacional e também pode ser devido a melhor disponibilidade hídrica ocorrida durante o período de desenvolvimento vegetativo. Já a média de diâmetro de colmo ficou em 15,47 mm (Tabela 12), sendo que este resultado se aproxima do valor de 16 cm, obtido por MONTAGNER (2003), em experimento com cultivar BRS 305.

TABELA 12 - Médias de estatura de planta e diâmetro de colmo em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			Estatura (cm)	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			Diâmetro	
	BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO		BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO		
T9	100	100	55dae	203,00	T7	100	100	20dae	18,66
T17	0	200	20dae	201,33	T11	100	100	74dae	17,33
T12	50	150	20dae	200,00	T8	100	100	44dae	17,00
T4	150	50	55dae	200,00	T9	100	100	55dae	17,00
T5	150	50	66dae	200,00	T14	50	150	55dae	16,66
T13	50	150	44dae	199,66	T6	150	50	74dae	16,33
T8	100	100	44dae	199,66	T10	100	100	66dae	16,33
T20	0	200	66dae	198,33	T20	0	200	66dae	16,00
T21	0	200	74dae	197,33	T18	0	200	44dae	15,66
T3	150	50	44dae	196,66	T5	150	50	66dae	15,33
T14	50	150	55dae	196,33	T4	150	50	55dae	15,33
T6	150	50	74dae	195,33	T2	150	50	20dae	15,00
T15	50	150	66dae	195,00	T21	0	200	74dae	15,00
T10	100	100	66dae	194,66	T19	0	200	55dae	14,66
T16	50	150	74dae	193,66	T15	50	150	66dae	14,66
T11	100	100	74dae	192,66	T3	150	50	44dae	14,66
T19	0	200	55dae	190,66	T17	0	200	20dae	14,66
T1	200	0	0dae	190,33	T13	50	150	44dae	14,33
T7	100	100	20dae	190,33	T1	200	0	0dae	14,00
T18	0	200	44dae	189,66	T12	50	150	20dae	13,33
T2	150	50	20dae	188,00	T16	50	150	74dae	13,00
Média				195,84					15,47
C.V (%)				5,58					15,29

*dae = dias após a emergência

4.2.4.2 - Número de espiguetas por panícula e número de grãos por panícula

A Tabela 13 mostra que não houve diferença significativa para as variáveis número de espiguetas e número de grãos por panícula nos tratamentos avaliados. A média de espiguetas por panícula foi 58,06 e a média de número de grãos por panícula foi 3983,77 grãos (Tabela 13). Esses dados de número de grãos são diferentes dos obtidos por MONTAGNER (2003) para a cultivar BRS 305. Verifica-se pela Tabela 13,

que neste último ano de experimento as plantas apresentaram maior número de grãos. O fato das plantas terem apresentado maior número de grãos, pode ser atribuído a maior disponibilidade hídrica fornecida através das freqüentes precipitações registradas. Uma vez tendo boa disponibilidade hídrica, houve menor competição intra-específica, o que fez com que as plantas desenvolvessem maior área foliar. Com área foliar maior, as plantas puderam captar mais energia solar, resultando num maior acúmulo de fotoassimilados. Como os fotoassimilados influenciam na obtenção de inflorescência, é de se esperar que plantas com maior produção destes, apresentem maior número de flores em relação as plantas com menor produção de fotoassimilados. Em relação à fertilização das flores, há um menor abortamento a medida que existe maior translocação de fotoassimilados, fazendo que com que um maior número de flores seja fecundado, resultando assim em uma panícula com maior número de grãos.

TABELA 13 - Médias de número de grãos por panícula e número de espiguetas por panícula em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			Nº grãos	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			Espiguetas	
	BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO		BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO		
T6	150	50	74dae	5048,00	T6	150	50	74dae	63,66
T10	100	100	66dae	4699,00	T19	0	200	55dae	63,33
T13	50	150	44dae	4536,33	T2	150	50	20dae	62,66
T19	0	200	55dae	4320,00	T4	150	50	55dae	62,33
T20	0	200	66dae	4303,00	T12	50	150	20dae	61,33
T14	50	150	55dae	4242,00	T11	100	100	74dae	60,33
T3	150	50	44dae	4088,33	T21	0	200	74dae	59,66
T4	150	50	55dae	4066,00	T15	50	150	66dae	59,66
T1	200	0	0dae	3970,00	T9	100	100	55dae	59,33
T11	100	100	74dae	3928,66	T1	200	0	0dae	58,33
T12	50	150	20dae	3926,66	T8	100	100	44dae	58,33
T18	0	200	44dae	3904,66	T17	0	200	20dae	57,33
T8	100	100	44dae	3867,66	T13	50	150	44dae	57,00
T15	50	150	66dae	3867,00	T10	100	100	66dae	57,00

T9	100	100	55dae	3848,00	T18	0	200	44dae	56,66
T17	0	200	20dae	3820,66	T7	100	100	20dae	55,33
T16	50	150	74dae	3679,33	T20	0	200	55dae	54,66
T7	100	100	20dae	3675,66	T5	150	50	66dae	54,33
T2	150	50	20dae	3424,00	T16	50	150	74dae	53,66
T21	0	200	74dae	3383,33	T3	150	50	44dae	52,33
T5	150	50	66dae	3060,33	T14	50	150	55dae	52,00
Média				3983,77					58,06
C.V (%)				28,02					10,65

*dae = dias após a emergência

4.2.4.3 – Índice de colheita e peso de mil grãos

Observa-se pela Tabela 14, que não houve diferença significativa entre os tratamentos testados nas variáveis índice de colheita e peso de mil grãos. A média de índice de colheita foi de 36,82% (Tabela 14), sendo que este valor expresso em percentagem representa o peso de grãos em relação a massa total da parte aérea da planta. A média de peso de mil grãos ficou em 23,55 gramas (Tabela 14). Este dado de peso de mil grãos, obtido no presente trabalho, está de acordo com os valores obtidos por MONTAGNER (2003). Os resultados mostram que estes dois parâmetros são considerados muito estáveis e a medida em que foram sendo dadas as condições favoráveis, atingiram seus limites genético independente do tratamento aplicado.

TABELA 14 - Médias de índice de colheita e peso de mil grãos em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

Adubação Nitrogenada (kg/ha)				Índice de colheita (%)				Adubação Nitrogenada (kg/ha)				Peso de mil grãos (g)			
BASE		COBERTURA		APLICAÇÃO				BASE		COBERTURA		APLICAÇÃO			
T20	0	200	66dae	41,33	T6	150	50	74dae	26,33						
T11	100	100	74dae	41,00	T10	100	100	66dae	25,00						
T17	0	200	20dae	40,66	T8	100	100	44dae	25,00						
T21	0	200	74dae	39,66	T11	100	100	74dae	25,66						
T13	50	150	44dae	38,33	T16	50	150	74dae	24,33						
T2	150	50	20dae	38,00	T12	50	150	20dae	24,33						
T12	50	150	20dae	37,66	T7	100	100	20dae	24,00						

T15	50	150	66dae	37,33	T3	150	50	44dae	24,00
T3	150	50	44dae	37,33	T13	50	150	44dae	23,66
T6	150	50	74dae	37,00	T5	150	50	66dae	23,66
T16	50	150	74dae	37,00	T14	50	150	55dae	23,66
T18	0	200	44dae	36,66	T17	0	200	20dae	23,66
T19	0	200	55dae	36,33	T9	100	100	55dae	23,66
T4	150	50	55dae	36,00	T1	200	0	0dae	23,33
T7	100	100	20dae	35,66	T4	150	50	55dae	23,00
T1	200	0	0dae	35,66	T2	150	50	20dae	22,66
T9	100	100	55dae	34,66	T15	50	150	66dae	22,00
T5	150	50	66dae	34,33	T18	0	200	44dae	22,00
T10	100	100	66dae	33,33	T21	0	200	74dae	22,00
T14	50	150	55dae	32,66	T20	0	200	66dae	22,00
T8	100	100	44dae	32,66	T19	0	200	55dae	21,66
Média				36,82					23,55
C.V (%)				15,78					7,24

*dae = dias após a emergência

4.2.4.4 - Rendimento de grãos

A tabela 15 mostra que não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados. A média de rendimento de grãos foi de 9607,71 kg/ha, e este resultado é diferente dos resultados obtidos por RAUPP *et al.* (1999) e MONTAGNER (2003) em experimentos conduzidos com a cultivar BRS 305. Neste segundo de experimento obteve-se um bom desempenho em termos de produtividade de grãos, e isto pode ser atribuído ao uso de maior densidade populacional e também devido a melhor disponibilidade hídrica registrada durante a estação de crescimento da cultura.

Nota-se pela Tabela 15 que aplicações com 200 kg N/ha em cobertura apresentaram elevado rendimento de grãos. O fato destes tratamentos se destacarem, pode ser em parte atribuído às condições climáticas vigentes durante o crescimento e desenvolvimento da plantas, pois ocorreram freqüentes e intensas precipitações, além da presença de dias nublados, fazendo com que houvessem menor número de horas de insolação (Tabela 10). Este número reduzido de horas de sol aliado a menor disponibilidade de nitrogênio no início de desenvolvimento das plantas

proporcionaram um prolongamento do subperíodo de diferenciação dos primórdios florais-florescimento.

O fato da área foliar não ter reduzido em função da aplicação de N ter sido realizada mais tarde, também ajudou a fazer com que as plantas apresentassem elevada produtividade de grãos. Sabe-se que o N, é importante para o desenvolvimento foliar, e como neste caso não havia sido ainda aplicado nos tratamentos mais tardios, resta dizer que o N responsável pelo elevado índice de área foliar destas plantas veio da mineralização da matéria orgânica. Para ajudar no processo de mineralização, o preparo convencional realizado no solo com certeza proporcionou condições adequadas de temperatura e umidade. Segundo MALAVOLTA, (1996) a taxa de liberação é controlada por alterações na temperatura e umidade do solo. Este autor afirma que, em geral, cerca de 20 a 30kg de N por hectare são liberados anualmente para cada 1% de matéria orgânica contida no solo. Além disto a boa disponibilidade hídrica fornecida pelas precipitações, devem ter contribuído também para facilitar a liberação de nitrogênio contido na matéria orgânica do solo.

A quantidade de N de vinda da liberação de N da fração orgânica somado mais a excelente condição hídrica de água no solo, ajudaram manter o crescimento e a turgescência das folhas, fazendo com que não houvesse redução de área foliar. E isto explica porque mesmo naquelas aplicações tardias com 200 kg N/ha, não houve redução de área foliar como no ano seco de 2001/02. Isto está de acordo com RUSSELLE *et al.* (1983) e BINDER *et al.* (2000), que dizem quando quantidade de N presente no solo não for muito baixa no início do desenvolvimento do milho, quando a planta demanda máximas taxas de absorção de N, o atraso de aplicação de nitrogênio não prejudica tanto o desenvolvimento da planta. Para estes autores, a quantidade de nitrogênio presente no solo pode explicar porque

uma aplicação de nitrogênio mais tardia pode não reduzir o rendimento de grãos.

Com esta maior área foliar, as plantas promoveram maior interceptação de radiação, proporcionando maior produção de fotoassimilados, influenciando assim para que não houvessem reduções nas taxas de crescimento. Portanto, tudo leva a crer que nestas plantas desenvolvidas, a aplicação de N em cobertura, foi rapidamente absorvida, pois as mesmas encontravam-se com o seu sistema radicular bastante desenvolvido. Isto está de acordo com BARBER (1984) que diz que rápida absorção, deve-se à sensibilidade da raiz que aumenta linearmente com a taxa de crescimento das raízes e também devido o desenvolvimento do diâmetro médio das raízes. Esta absorção se torna rápida também devido ao fato de ter usado como fonte de N, a uréia, que segundo MALAVOLTA (1996) leva entre 1 a 36 horas para que haja absorção de 50% da quantidade aplicada. Associado a tudo isto pode-se dizer ainda que a rápida absorção ocorreu também porque a uréia foi hidrolizada rapidamente, devido a boa quantidade da enzima urease e também pelo fato do solo ter apresentado temperatura adequada para este processo.

Embora seja uma planta tolerante a deficiência hídrica, não se pode descartar a possibilidade que em 2001/02, as plantas de sorgo tenham passado por situações de estresse em função da ocorrência das baixas precipitações verificadas (Tabela 1). Dificilmente esta situação ocorreu no segundo ano de experimento, pois como já foi afirmado neste último ano devido as elevadas precipitações (Tabela 10) houve adequado teor de água no solo implicando assim em alta atividade metabólica das plantas. Com base nos índices de área foliar apresentados no segundo ano (Figuras 4A, 4B, 4C, 4D e 4E) em relação ao primeiro (Figuras 1A, 1B, 1C, 1D e 1E), pode-se dizer que as folhas neste segundo ano apresentaram-se provavelmente mais hidratadas. Como água não se comprime com

facilidade, ela é fundamentalmente importante na sustentação do tecido, a sua falta portanto reduz a taxa fotossintética, diminuindo a área de absorção de luz.

A menor disponibilidade de água no primeiro ano de experimento com certeza influenciou nas reações químicas fazendo com o rendimento do primeiro ano fosse menor que o segundo. A adição ou remoção de moléculas de água em compostos orgânicos constitui passos importantes nas reações metabólicas da planta, ou seja a água é matéria prima para fotossíntese. Portanto, com menor disponibilidade de água, com certeza houve diminuição na síntese de carboidrato, pois água é fonte de hidrogênio para fotossíntese.

Como houve menor disponibilidade hídrica em 2001/02, pode-se dizer também que houve menos solvente disponível para as reações químicas que acontecem no meio líquido, onde estão localizadas as enzimas. Isto também pode ajudar a entender porque em 2001/02 o rendimento foi menor que 2002/03.

A água é o veículo que transporta soluto, absorvido pela raiz ou sintetizado pela raiz para parte aérea, bem como os solutos sintetizado na folha para outros órgãos. Neste caso, como teve menos água no solo 2001/02, pode ter havido menor absorção de nitrogênio, já que o mesmo é absorvido por fluxo de massa. O transporte de solutos para as plantas de sorgo, também sofreu efeito direto em função da menor disponibilidade hídrica, pois com menos água tem-se menor enchimento de grãos, pois não há veículos para levar os produtos elaborados.

A menor disponibilidade hídrica registrada em 2001/02 em relação a 2002/03 pode não ter proporcionado estabilidade térmica adequada nas plantas principalmente em dias com alta temperatura do ar, e isto com certeza também veio somar para influenciar o rendimento de grãos. Se houvesse maior disponibilidade de água no solo, as folhas das plantas de

sorgo estariam com maior presença de água. Folhas com maior presença de água absorveriam mais radiação, que seria eliminada para a atmosfera em forma de vapor, através da transpiração. Com isto as plantas não se aqueceriam em demasia.

A menor disponibilidade hídrica do primeiro ano pode ter influenciado o rendimento também através transpiração estomatal. Pois com pouca disponibilidade hídrica e altas temperaturas os estômatos eram obrigados a fechar com mais frequência. Como a transpiração é a perda de água em forma de vapor através dos estômatos, ela determina através do seu movimento, o ganho ou perda de água aos tecidos. O ganho de água se dá com estômatos abertos, e isto proporciona uma maior fotossíntese por parte da planta. Ao passo que quando os estômatos estão fechados, ocorre perda de água e menor é a fotossíntese. Na falta de água inicialmente a planta aumenta a respiração e logo depois cai a respiração. A falta de água causa uma injúria. Com isso a planta tende relacionar o problema com o aumento da respiração, ela queima mais energia. Como a planta retira água dos carboidratos, ocorre então um consumo de carboidrato, e este carboidrato teria que vir da fotossíntese como não há fotossíntese não há carboidrato em função de não haver disponibilidade de água então a respiração cai.

A pouca disponibilidade hídrica de 2001/02 pode ter afetado o rendimento de grãos através da síntese de proteínas. Pois os elementos constituintes dos aminoácidos (H, O, C,N), são elementos intermediários da fotossíntese e respiração. Se a fotossíntese e respiração diminuírem não tem elementos intermediários para formar os aminoácidos, e isto vai fazer com que diminua a síntese protéica.

A pouca disponibilidade hídrica no primeiro experimento poderia ter contribuído para influenciar o rendimento de grãos fazendo com que houvesse redução de mitoses (divisão celular) e também menor alongação celular (aumento das células). Pois quem induz as divisões mitóticas é um

hormônio chamado citocinina. E quem é responsável pelo aumento das células é um outro hormônio chamado auxina. Esses hormônios são estruturas complexas que vem da fotossíntese e respiração. Diminuindo a água teremos menos fotossíntese e respiração ocasionando menor formação desses hormônios reduzindo com isto o crescimento das plantas.

A pouca disponibilidade hídrica pode ter afetado o rendimento de grãos no primeiro experimento na floração. Pois com disponibilidade hídrica reduzida em 2001/02 é possível que as plantas de sorgo tenham liberado uma alta quantidade de ácido abscísico, o qual pode ter contribuído para antecipar a floração, bem como outros processos. Também está alta concentração de ácido abscísico pode ter provocado uma maior queda de flores.

Por último a menor disponibilidade hídrica em 2001/02 pode ter influenciado o rendimento de grãos através da absorção de fósforo. Pois durante período de estresse hídrico, o fósforo torna-se menos disponível para as plantas absorverem.

TABELA 15 - Médias de rendimento de grãos (kg/ha) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

	Adubação Nitrogenada (kg/ha)			Rendimento (kg/ha)
	BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO	
T20	0	200	66dae	12763,66
T17	0	200	20dae	11658,00
T21	0	200	74dae	11608,00
T18	0	200	44dae	11285,00
T19	0	200	55dae	10315,66
T10	100	100	66dae	10216,00
T13	50	150	44dae	10129,00
T2	150	50	20dae	9893,00
T11	100	100	74dae	9744,00
T3	150	50	44dae	9562,00
T7	100	100	20dae	9447,33
T9	100	100	55dae	9234,00
T16	50	150	74dae	9060,33
T14	50	150	55dae	8886,33

T8	100	100	44dae	8762,00
T4	150	50	55dae	8612,66
T6	150	50	74dae	8596,33
T12	50	150	20dae	8451,33
T5	150	50	66dae	8025,00
T1	200	0	0dae	7781,66
T15	50	150	66dae	7730,66
Média				9607,71
C.V (%)				28,52

*dae = dias após a emergência

4.2.4.4.1 – Aumento da eficiência de uso da água disponível em função da disponibilidade de N.

Ao comparar visualmente os dados do primeiro ano de experimento com os do segundo, verifica-se que o rendimento de grãos do último ano foi elevado. Isto leva a crer que este resultado foi devido a um melhor aproveitamento da água disponível por parte pelas plantas, já que este recurso encontrava-se disponível em boa quantidade devido a ocorrência de freqüentes precipitações durante a condução do ensaio em 2002/03. Isto está de acordo com GARRITY *et al.* (1992) que diz que apesar do sorgo ser uma cultura indicada para regiões onde a disponibilidade hídrica é deficiente, ele responde muito bem onde há boas condições hídricas, podendo duplicar ou mesmo triplicar a sua produção com pequenas quantidades de água aplicadas nos períodos críticos. Este melhor aproveitamento da água por parte das plantas, não seria possível sem o auxílio da adubação nitrogenada. LOPES (1998) afirma que sempre que um elemento ausente ou deficiente aumenta a produção quando é aplicado, a eficiência no uso da água também aumenta. Em experimento com sorgo no Texas (EUA), LOPES (1998) comenta que o nitrogênio ajudou a produzir 2,8 kg a mais de sorgo por mm de água usada. Os dados do presente estudo no segundo ano de experimento confirmam que houve uma melhor eficiência de uso da água proporcionada via adubação nitrogenada (Tabela 15). A eficiência de uso da

água pode ser medida dividindo a água consumida ou fornecida pelo rendimento de grãos.

Neste contexto, as aplicações com 200 kg N/ha foram o fator responsável pela melhoria da eficiência de uso da água por parte das plantas de sorgo. Assim, foi possível que as plantas manifestassem um elevado potencial produtivo no segundo ano de experimento quando havia boa disponibilidade hídrica. Em função desta mesma adubação nitrogenada, mesmo num ano com forte estiagem como o que ocorreu em 2001/02, houve rendimento médio satisfatório da cultura, comparável aos obtidos pelos órgãos de pesquisa no Rio Grande do Sul. Diferentemente do milho, o sorgo é uma planta que possui maior capacidade de tolerância a situações de estresse hídrico devido a maior eficiência de uso da água. Segundo MENGEL & KIRKBY (1978) o sorgo para produzir um quilograma de massa seca necessita transpirar 277 litros de água, ao passo que o milho necessita de 349 litros. Além disso, possuem um sistema radicular mais profundo e ramificado; tem presença de estômatos em maior número e com menor tamanho; há presença de cera nas folhas e colmos; possui também capacidade de entrar em estado de dormência na presença de estresse e tem capacidade de retomar o crescimento logo que o estresse é aliviado, com taxas similares as que ocorriam antes do estresse. Por ter estas características, mesmo em condições de reduzida disponibilidade hídrica como foi o ano 2001/02, a planta apresentou rendimento satisfatório.

Os 200 kg N/ha usados no presente estudo somados ao N contido na matéria orgânica, estão de acordo com a alta exigência deste elemento citada por LOPES (1998) que diz que para a cultura do sorgo obter uma produtividade 8,4 ton/ha deveria apresentar uma quantidade total N na cultura igual a 250 kg.

4.2.5 - Análise de regressão múltipla progressiva

Para executar a análise de regressão múltipla usou-se como variáveis independentes, os seguintes parâmetros: estatura de planta, diâmetro de colmo, número de espiguetas por panícula, número de grãos por panícula, peso de mil grãos e índice de colheita. O rendimento de grãos foi usado como variável dependente.

Através da análise de regressão múltipla pelo método Stepwise obteve-se três interações das variáveis independentes como o rendimento de grãos (Tabela 16). Na interação um, entrou no modelo de equação a variável índice de colheita e ficaram de fora as variáveis estatura de planta, diâmetro de colmo, peso de mil grãos, número de espiguetas e número de grãos por panícula. Na interação dois entrou no modelo de equação o diâmetro de colmo e ficaram de fora estatura de planta, peso de mil grãos e número de espiguetas. Dentro da interação três, entrou no modelo de equação a estatura de planta e ficaram de fora as variáveis peso de mil grãos, número de espiguetas, número de grãos por panícula. Em todas as interações ficaram de fora dos modelos de equações, as variáveis peso de mil grãos, número de espiguetas e número de grãos por panícula.

TABELA 16- Modelos de equações ajustadas através da análise de regressão múltipla utilizando o método Stepwise em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

INTERAÇÃO	EQUAÇÃO AJUSTADA	R ²
1	$Y=221,5774+254,8821IC$	0,34
2	$Y=-8107,9266+381,2419DIA+317,4001IC$	0,46
3	$Y=-19079,8765+50,0201EST+389,2286DIA$	0,50

Onde: Y = rendimento de grãos

IC= índice de colheita

DIA= diâmetro de colmo

EST= estatura de planta

A variável índice de colheita foi a variável independente que teve maior influência nas variações do rendimento de grãos, sendo responsável por 34% das variações. Diâmetro de colmo foi a segunda variável que mais contribuiu para o rendimento, sendo seguida pela estatura de planta.

O fato da variável índice de colheita ter sido selecionada como a que mais contribuiu, deve-se talvez a boa disponibilidade hídrica que ocorreu durante todas as fases de desenvolvimento do sorgo, mas, principalmente, durante o enchimento de grãos, período considerado crítico, no qual não faltou água, o que fez com que a planta apresentasse uma boa resposta em termos de peso de grãos. A menor disponibilidade hídrica em 2001/02, fez com que o número de grãos por panícula se destacasse. A quantidade de fotoassimilados produzidos pela planta no enchimento de grãos, pode ser apontada como a principal causa responsável por este desempenho desta variável. Cabe ressaltar que mesmo nesta condição de baixa disponibilidade hídrica do ano de 2001/02, a variável índice de colheita figurou como a segunda variável que mais contribuiu para o rendimento de grãos.

4.2.6 - Coeficiente de caminhamento

Através da análise de caminhamento na Tabela 17, observa-se que as magnitudes das correlações das variáveis explicativas com o rendimento de grãos foram pouco elevadas, pois não superaram a estimativa do efeito residual.

Em termos de efeito direto a variável índice de colheita foi a única que se destacou como a mais associada ao rendimento de grãos, pois apresentou efeito direto elevado. Segundo o modelo de interpretação de análise de causa e efeito indicado por Singh e Chandhary (1979) apud VENCOVSKY & BARRIGA (1992) que afirma que se o coeficiente de correlação entre um fator causal e o caráter final (Y) for igual ou semelhante ao seu efeito direto, em magnitude e sinal, esta correlação explica a

verdadeira associação existente. Neste caso, uma seleção direta sobre o referido fator causal será eficiente para melhorar o caráter Y. Então pode-se afirmar com base no resultado da análise de trilha (Tabela 17) e também pela Stepwise (Tabela 16), que variável índice de colheita é a principal determinante das variações no rendimento de grãos.

Através do coeficiente de determinação mostrado na Tabela 17, pode-se afirmar que 51% na variação do rendimento pode ser explicado pelos seis caracteres analisados. Ao multiplicar o resultado do efeito direto pelo coeficiente de correlação, estabeleceu-se os seguintes percentuais de participação no rendimento de grãos de sorgo: estatura de planta (+1,09%), diâmetro de colmo (+3,28%), peso de mil grãos (+0,33%), número de espiguetas (+0,15%), número de grãos por panícula (+1,17%), índice de colheita (+55,14%).

TABELA 17 - Efeito direto e indireto das variáveis estatura de planta, diâmetro de colmo, número de espiguetas, número de grãos por panícula, índice de colheita e peso de mil grãos sobre rendimento de grãos. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03

Estatura de planta	
Efeito direto sobre rendimento	0,251944
Efeito indireto via diâmetro	0,003574
Efeito indireto via peso de mil grãos	0,060921
Efeito indireto via número de espiguetas	0,024169
Efeito indireto via número de grãos	-0,023513
Efeito indireto via índice de colheita	0,151754
Total	0,043500
Diâmetro de colmo	
Efeito direto sobre rendimento	0,388502
Efeito indireto via estatura	0,002318
Efeito indireto via peso de mil grãos	0,038471
Efeito indireto via número de espiguetas	0,017983
Efeito indireto via número de grãos	0,003514
Efeito indireto via índice de colheita	-0,289346
Total	0,084500
Peso de mil grãos	
Efeito direto sobre rendimento	-0,156771
Efeito indireto via estatura	0,097906
Efeito indireto via diâmetro	0,095338
Efeito indireto via número de espiguetas	0,012940
Efeito indireto via número de grãos	-0,006792
Efeito indireto via índice de colheita	-0,063921

Total	-0,021300
Número de espiguetas	
Efeito direto sobre rendimento	0,108919
Efeito indireto via estatura	-0,055906
Efeito indireto via diâmetro	-0,064142
Efeito indireto via peso de mil grãos	0,018624
Efeito indireto via número de grãos	0,018478
Efeito indireto via índice de colheita	0,178065
Total	- 0,013800
Número de grãos	
Efeito direto sobre rendimento	0,067585
Efeito indireto via estatura	-0,087651
Efeito indireto via diâmetro	0,020202
Efeito indireto via peso de mil grãos	0,015755
Efeito indireto via número de espiguetas	-0,029778
Efeito indireto via índice de colheita	0,186887
Total	0,173000
Índice de colheita	
Efeito direto sobre rendimento	0,773858
Efeito indireto via estatura	-0,049406
Efeito indireto via diâmetro	-0,145261
Efeito indireto via peso de mil grãos	0,012949
Efeito indireto via número de espiguetas	-0,025062
Efeito indireto via número de grãos	0,016322
Total	0,583400
Coeficiente de determinação = 0,5117916	
Efeito da variável residual = 0,6987191	

5 – CONCLUSÕES

Do ponto de vista do manejo com adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero, usando 200 kg N/ha na forma de uréia em solo de textura mediana sob condições de alta e baixa precipitação pluviométrica chegou-se as seguintes conclusões:

Os tratamentos com 50 kg N/ha na base e 150kg/ha em cobertura aos 66 e 74 dias e 200 kg N/ha em cobertura aos 66 e 74 dias nas condições de baixa precipitação do ano agrícola de 2001/02, apresentaram

os mais baixos valores de índice de área foliar, produtividade biológica e rendimento de grãos.

A adubação nitrogenada realizada nas condições de alta precipitação, registradas no ano agrícola de 2002/03, proporcionou elevado índice de área foliar e rendimento de grãos em todos os tratamentos aplicados.

No experimento 2001/02, o número de grãos por panícula foi a variável que mais influenciou no rendimento de grãos e em 2002/03 foi o índice de colheita.

Pelo que foi observado em termos de rendimento de grãos, poderia se dizer que se houver boa distribuição de chuvas, o manejo com 200kg N/ha, poderia ser feito até os 74 dias após a emergência, que não reduziria a produtividade de grãos.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, J.C.S., DAYNARD, T.B. Effects of change in time of flowering, induced by altering photoperiod or temperature, on attributes related to yield in maize. **Crop Science**, Madison, v. 19, p. 1-4, 1979.

ALUKO, G. K., FISCHER, K.S. The effect of changes of assimilate supply around flowering on grain sink size and yield of maize (*Zea mays*. L.) cultivars

of tropical and temperate adaptation. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.39, p.153-161, 1988.

ANDRADE, F. H., UHART, S.A., FRUGONE, M. Intercepted Radiation and Kernel Number in Maize: Shade Versus Plant Density Effects. **Crop Science**, Madison, v.33, p.482-485, 1993a.

ANDRADE, F.H., UHART, S.A., CIRILO, A.G. Temperature effects radiation use efficiency in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.32. p.17-25, 1993b.

ARKEBAUER, T.J., WEISS, A., SINCLAIR, T.R., BLUM, A. In defense of radiation use efficiency. **Agric. For Meteorol.**, v.68, p.221-227, 1994

ARKIN, G.F., RITCHIE, J.T., MAAS, S.J. A Model for Calculating Light Interception by a Grain Sorghum Canopy. **ASAE**. St. Joseph, Michigan, v.21, n.2, p.303-308, 1978.

ARKIN, G.F., VANDERLIP, R.L., RITCHIE, A. Dynamic Grain Sorghum Growth Model. **ASAE**. St. Joseph, Michigan, v.19, n.4, p. 622-630, 1976.

ÁVILA, A.M.H., BERLATO, M.A., SILVA, J.B., et al. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.149-154, 1996.

BARBER, S.A. Soil nutrient bioavailability: A mecanistic approach. **John Wiley & Sons Inc.**, New York, p. 179-200, 1984.

BELANGER, G., GASTAL, F., LEMAIRE, G. Growth analysis of a tall fescue sword fertilized with different rates nitrogen. **Crop Science**, Madison, v.32 p.1371-1376, 1992.

BELANGER, G., RICHARDS, J.E. Growth analysis of timothy grown with varying N nutrition. **Canadian Journal of Plant Sciences**, v.77, p. 373-380, 1997.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento das Plantas. Noções Básicas**, Jaboticabal, FUNEP. 42 p. 1986.

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**, v.92, p.1228-1236, 2000.

BONHOME, R. Variations in ovule number at silking in various corn genotypes. **Maydica**, Bergamo, v. 29, p.101-7, 1984.

BOWES, G., OGREN, W.L., HAGEMAN, R.H. Light saturation, photosynthesis rate, RUDP carboxylase activity, and specific leaf weight in soybeans grown under different light intensities. **Crop Science**, Madison, v. 12, p.77-79, 1972.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul. **Boletim Técnico**, 30, Recife, P.E. p.267-269, 1973.

BRUN, W.A., COOPER, R. L. Effects of light intensity and carbon dioxide concentration on photosynthetic rate of soybean. **Crop Science**, Madison. v.7, p. 451-454, 1967.

BURNSIDE, C.A., BÖHNING, R.H. The effect of prolonged shading on the light saturation on curves at apparent photosynthesis in sun plants. **Plant Physiology**, v.32, p.61-63, 1957.

CALOIN, M., YU, O. An extension of the logistic model of plant growth. **Annals of Botany**, v.49, p.599-607, 1982.

CALOIN, M., YU, O. Analysis of the time-course of change in nitrogen content in *Dactylis glomerata* L. using a model of plant growth. **Annals of Botany**, v.54, p.69-76, 1984.

CIRILLO, A. G., ANDRADE, F.H. Sowing date and maize productivity: I-Crop growth and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison. v.34, p.1039-1043, 1994a.

CIRILLO, A.G., ANDRADE, F.H. Sowing date and maize productivity: II- Kernel number determination. **Crop Science**, Madison, v.34, p.1044-1046, 1994b.

CLAWSON, K.L., SPECHT, J.E., BLAD, B.L. Growth analysis of soybean isolines differing in pubescence density. **Agronomy Journal**, v. 78, p.164-172, 1986.

COCKSHULL, K.E. The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate. **Act. Hort.**, v.229, p.113-123, 1988.

COELHO, A. M., FRANÇA, G.E., BAHIA-FILHO, A. F. C., GUEDES, G.A.A. Balanço de nitrogênio (^{15}N) em um latossolo vermelho escuro, sob vegetação

de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.187-193, 1991.

CONNOR, D.J., HALL, A.J., SADRAS, V.O. Effect of nitrogen content on the photosynthetic characteristics of sunflower leaves. **Aust. J. Plant Physiol.**, v.20, p.251-263, 1993.

CROOKSTON, R.K., THEARNE, K.J., LUDFORD, P., OZBUN, J.L. Response of beans of shading. **Crop Science**, Madison, v.15, p.412-416, 1975.

CRUZ, C. D. Programa Genes. **Aplicativo Computacional em Genética e Estatística**. Editora da UFV, Universidade Federal de Viçosa, MG, 442p, 1997.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, 2ª. Edição, Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, MG, p.90-93, 1997.

DIDONET, A., RODRIGUES, O., MARIO, J.L., IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.933-938, 2002.

DONALD, C.M., HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. **Adv. Agron.**, v.28, p.361-405, 1976.

DRECCER, M.F., VAN OIJEN, M., SCHAPENDONK, H.C.M., POT, C.S., RABBINGE, R. Dynamics of vertical leaf nitrogen distribution in vegetative

wheat canopy. Impact on canopy photosynthesis. **Annals of Botany**, v.86, p.821-831, 2000.

EARLY, E.B., McLLARATH, W.O., SEIF, R.D., HAGEMAN, R.H. Effects of shade applied at different stages of plant development on corn (*Zea mays L.*) production. **Crop Science**, Madison, v. 7, p.151-156, 1967.

EASTIN, J. D. Physiology of yield in grain sorghum. **Proc. 23 rd corn and sorghum Research Conference**, Chicago, p.129-137, 1968.

EDMEADES, G.O., DAYNARD, T.B. The relationship between final yield and photosynthesis at flowering in individual maize plants. **Can. J. Plant Sci.**, v.59, p.585-601, 1979.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Brasília, DF. p.124, 1999.

EMBRAPA. Sorgo BRS 305. Sorgo Granífero para o Rio Grande do Sul <<http://www.cnpms.embrapa.br/brs305.html>>. Acesso em 11 jan. 2004.

ESTRADA, J.A. E. Área foliar, senescencia e rendimento del girassol de humedad residual em funcion del nitrogênio. Disponível em: <<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/21/art.149-157.pdf>>. Acesso em 25 ago. 2003a.

ESTRADA, J.A. E.. Biomassa, rendimento, eficiência no uso da água e nitrogênio em girassol de residual. Disponível em: <<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/1/art.19-27.pdf>>.

Acesso em 30 ago. 2003b.

EVANS, J.R. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum*. L.). **Plant Physiology**, v.72, p.297-302, 1983.

EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. **Oecologia**, v.78, p.9-19, 1989.

FANCELLI, A.L., DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**, Guaíba Agropecuária, p.97-146, 2000.

FIELD, C., MOONEY, H.A. The photosynthesis nitrogen relationship in wild plants. Cambridge, **University Press**, p.25-53, 1986.

FISCHER, K.S., PALMER, F. E. Tropical maize the physiology of tropical field crops. **Wiley Interscience**, New York, p.213-248, 1984.

FRANÇA, G.E., COELHO, A. M., RESENDE, M., BAHIA FILHO, A.F.C. Acumulação de massa e de nitrogênio na cultura de milho irrigado. In: **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1992-1993**, Sete Lagoas – EMBRAPA-CNPMS, p.29-30, 1994.

FUNCTIONAL GROUP EDITOR. Disponível em:

<<http://cnrit.tamu.edu/rsg/phygrows/pc/fgedit.html>>. Acesso em: 23 set. 2003.

GALLAGHER, H.N., BISCOE, P.V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. **Journal of Agricultural Science**, v.91, n..1, p.47-60. 1978.

GALLO, K.P., DAUGHTRY, C.S.T., WIEGAND, C.L. Errors in measuring absorbed radiation and computing crop radiation use efficiency. **Agronomy Journal**, v.85, n.6, p.1222-1228, 1993.

GARRITY, D.P., WATTS, D.G., SULLIVAN, C.Y., GILLEY, J.R. Moisture deficits and grain sorghum performance: Evapotranspiration-yield relationships. **Agronomy Journal**, v.74, p.815-20, 1992.

GASTAL, F., LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.370, p.789-799, 2002.

GIFFORD, R.M., THORNE, J.H., HITZ, W.D., GIAQUINTA, R.T. Crop productivity and photo-assimilate partitioning. **Science**, p. 801-807, 1984.
GRANT, R.F. Simulation of carbon assimilation and partitioning in maize. **Agronomy Journal**, v.81, p.563-571, 1989.

GREENWOOD, D.J., GASTAL, F., LEMAIRE, G., DRAYCOTT, A., MILLARD, P., NEETESON, J.J. Growth rate and % N of field grown crops: theory and experiments. **Annals of Botany**, v.66, p.181-190, 1991.

GRINDLAY, D.J.C., SYLVESTER-BRADLEY, R., SCOTT, R.K. Nitrogen uptake of young vegetative plants in relation to green area. **Journal Sciences Food Agriculture**, v.63, p.116, 1993.

HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays L.*). **Agronomy Journal**, v.55, p.487-492, 1963.

HANWAY, J.J. Corn growth and composition in relation to soil fertility. III- Percentages of N, P and K in different plants parts in relation to stage of growth. **Agronomy Journal**, v.54, p.222-230, 1962.

HARDWICK, R.C. The nitrogen content of plants and the self-thinning rule of plant ecology: a test of the core-skin hypothesis. **Annals of Botany**, v.60, p.439-466, 1987.

HAWKINS, R.C., COOPER, P.J.M. Growth, development and grain yield of maize. **Exp. Agric.**, v.17, p.203-207, 1981.

JUNG, P.E. Jr., PETERSON, L.A., SCHRODER, L.E. Response of irrigated corn to time, rate and source of applied N an sandy soils. **Agronomy Journal**, v.64, p.668-670, 1972.

JUSTES, E., MARY. B., MEYNARD, J.M., MACHET, J. M., THELIER-HUCHEL. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. **Annals of Botany**, v.74, p.397-407, 1994.

KINIRY, J.R., RITCHIE, J.T. Shade sensitive interval of kernel number of maize. **Agronomy Journal**, v.77, p.771-715, 1985.

LAFITTE, H.R., LOOMIS, R.S. Growth and composition of grain sorghum with limited nitrogen. **Agronomy Journal**, v.80, p.492-498, 1988.

LE BOT, J., ADAMOWICZ, S., ROBIM, P. Modelling plant nutrition of horticultural crops: a review. **Sci. Hortic.** v.74, p. 47-81, 1998.

LEMAIRE, G., GASTAL, F., PLENÉT, D. Dynamics of uptake and N distribution in plant canopies. Use of crop N status index in crop modeling. In. "Diagnosis procedures for crop N management". G. LEMAIRES and I. BURNS (Eds). **INRA-Éditions**, Paris (France), Serie "Les colloques" n.82, p.15-29, 1997.

LEMCOFF, J.H., LOOMIS, R.S. Nitrogen influences on yield determination in maize. **Crop Science**, Madison, v.26, p.1017-1022, 1986.

LOPES, A. S. Manual Internacional de Fertilidade do Solo. Tradução e Adaptação de Alfredo Scheid Lopes. **Potafos**, Piracicaba, p.40-41, 1998.

LOPES, N.F., MAESTRI, M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em populações de milho em Viçosa, MG. **Revista Ceres**, n.20, v.109, p.189-201, 1973.

LOPES, N.F., OLIVA, M.A., FREITAS, J.G., MELGES, E., BELTRÃO, N.E. M. Análise de crescimento e conversão da energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **Revista Ceres**, n.29, v.166, p.586-606, 1982.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da E.S.A "Luis de Queiroz"**, v.41, p.181-202, 1984.

MALAVOLTA, E. Nitrogênio. É uma verdade. O nitrogênio é exigido pelas culturas. Informações Agronômicas. **Potafos**, Piracicaba, n.73, p.1-2, 1996.

MALAVOLTA, E. Matéria Orgânica. In: **Manual de química agrícola: Nutrição de Plantas e fertilidade do solo**. São Paulo, Ed.Ceres, p.177-256, 1976.

MAGALHÃES, A. C.N. **Análise quantitativa de crescimento**. In: FERRI, M.G. Fisiologia Vegetal. São Paulo, EDUS, v.1, p.331-50. 1979.

MARCELIS, L. F.M., HEUVELINK, E., GOUDRIAAN, J. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. **Scientia Horticulturae**, v.74, p. 83-111, 1998.

MATZENAUER, R., MALUF, J.R.T., BARNI, N.A., MACHADO, F.A., ROSA, F.S. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura do milho na região do planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.263-273, 2000.

McCULLOUGH, D.E., GIRARDIN, Ph., MIHAJLOVIC, M., AGUILERA, A., TOLLENAAR, M. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of on old new maize hybrid. **Can. J. Plant. Sci.** v.74, p.471-477, 1994.

MELGES, E., FLORES, N.F., OLIVA, M.A. Crescimento e conversão da energia solar em soja cultivada sob quatro níveis de energia solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n.24 v.9, p.1065-1072, 1989.

MENGEL, K., KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. **Internacional Potash Institute**, Berne, Suíça, 1978.

MENGEL, D.B., BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, v.66, p.399-402, 1974.

MONSI, M., SAEKI, T. Uber den linchfactor in den pflanzengesellschaften und seine bedeutung fur die staffproduction. **Jap. J. Bot.** v.14, p.22-52, 1953.

MONTAGNER, D. Efeito das perdas aleatórias na população inicial no rendimento de grãos na cultura do sorgo. 2003. 61p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2003.

MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philes. Trans. R. R. Soc. London B.** v.281, p.277-294, 1977.

MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Secretária da Agricultura. Porto Alegre, RS. 42p. (**Boletim da Secretária da Agricultura**), 1961.

MORISOT, A. A first step to validating “PP Rose” , an empirical model of the potential production of cut roses. **Acta. Hortic.**, v.417, p.127-138, 1986.

MOSS, R.A., LOOMIS, W.E. Absorption Spectra of leaves. I-The visible Spectrum. **Plant Physiol.**, v.27, p.370-391, 1952.

MUCHOW, R.C., COATES, D.B., WILSON, G.L., FOALE, M.A. Growth and productivity of irrigated *Sorghum bicolor* (L.) Moench in Northern Australia. I- Plant density and arrangement effects on light interception and distribution, and grain yield in the hybrid Texas 610 SR in low and medium latitudes. **Australian Journal Agricultural Research**, v.33, p.773-384, 1982.

MUCHOW, R.C., DAVIS, R. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. II- Radiation interception and biomass accumulation. **Field Crops Res.**, v.18, p.17-30, 1988.

MUCHOW, R.C., SINCLAIR, T. R. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field grown maize and sorghum. **Crop Science**, Madison, v.34, p.721-727, 1994.

NOVAIS, M. V., NOVAIS, R.F., BRAGA, J.M. Efeito da adubação nitrogenada e seu parcelamento sobre a cultura do milho em Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, n.21, v.115, p.193-202, 1974.

NOVOA, R., LOOMIS, R.S. Nitrogen and plant production. **Plant Soil**, v.58, p.177-204, 1981.

OTEGUI, M.E., BONHOMME, R. Grain yield components in maize. I-Ear growth and kernel set. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.56, p. 247-256, 1998.

PEARCE, R., MOCK, J.J., BAILEY, T. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. **Crop Science**, Madison, v.13, p.691-694, 1975.

PEREIRA, A.R., MACHADO, E.E. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas. Instituto Agronômico, (**Boletim Técnico**, 114), 33p, 1987.

PLÉNET, D., LEMAIRE, G. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. **Plant and Soil**, v.216, p.65-82, 1999.

PRINCE, S.D. A model of regional primary production for use with coarse - resolution Satellite Data. **International Journal of Remote Sensing**, n.6, v.12, p.1313-1330, 1991.

RADFORD, P.J. Growth Analysis Formulae. Their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v.7, p.171-175, 1967.

RAUPP, A.A.A., BRANCÃO, N. Ensaio Sul Riograndense de Sorgo Granífero 1997/1998, Capão do Leão-RS. Reunião Técnica Anual do Milho, 43. Reunião Técnica Anual do Sorgo, 26. **Anais**, p.68-70, Veranópolis- RS, FEOAGRO, 1998.

RAUPP, A. A. A., BRANCÃO, N., PARFITT, J.M.B., FRANCO, J.C.B. Ensaio Sul Riograndense de Sorgo Granífero 1999/2000, Bagé-RS.. Reunião Técnica Anual do Milho, 45. Reunião Técnica Anual do Sorgo, 28. **Anais**, p.325-328, Pelotas- RS. Embrapa Clima Temperado, 2000.

RAUPP, A.A.A., CHIELLE, Z.G., BRANCÃO, N., BURIN, E. **Indicação de cultivares de sorgo**. Grupo Pró- Sorgo Sul. Embrapa Clima Temperado. Fepagro - Centro de Pesquisa de Fruticultura, Taquari, 1999.

REIS, G. G., MÜLLER, M.W. Análise de crescimento de plantas, mensuração de crescimento. Belém. **FCAP**. 39p, 1979.

RITCHIE, S.W., HANWAY, J.J., BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. **Special Report**, n.48, 21p, 1993.

ROLAS - **Recomendações de Adubação e de Calagem Para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, 3ª Edição, Passo Fundo, 224p. 1995.

ROSENTHAL, W.D., ARKIN, G.F., HOWELL, T.A. Transmitted and Absorbed Photosynthetically Active Radiation in Grain Sorghum. **Agronomy Journal**, v.77, p.841-845, 1985.

RUSSELLE, M.P., HAUCK, R.D., OLSON, R.A. Nitrogen accumulation rates of irrigated maize. **Agronomy Journal**, v.75, p.593-598, 1983.

RUIZ, R. A., OTEGUI, M. E., DODDS, P. A. Rendimiento en grano y su relación con el crecimiento postfloración en maíz (*Zea mays L.*). In. Proc. XIX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. **Sociedad Argentina de Fisiología Vegetal**, p.91-92, Huerta Grande, Córdoba, Argentina, 1992.

SINCLAIR, T.R., HORIE, T. Leaf nitrogen photosynthesis and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Science**, Madison, v.29, p.90-98, 1989.

SINCLAIR, T.R., SHIRAIWA, T. Soybean radiation use efficiency as influenced by non-uniform specific leaf nitrogen distribution and diffuse radiation. **Crop Science**, Madison, v.33, p.808-812, 1993.

SING, M., OGREM, W.L., WIDHOLM, J.M. Photosynthetic characteristics of several C3 and C4 plant species grown under different light intensities. **Crop Science**, Madison, v.14, p.563-566, 1974.

STEVEN, M.O., BISCOE, P.V., JAGGAARD, K.W. Estimulation of sugar beet production from reflection in the red and infrared spectral bands.

International Journal of Remote Sensing, n.2, v.4, p.325-334, 1983.

STORCK, L., ESTEFANEL, V., GARCIA, D. C. **Experimentos Fatoriais: Modelos de análise pelos pacotes SAS, SAEG e SOC.** 53 p. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Fitotecnia. Santa Maria, 1995.

STORCK, L., LOPES, S. J. **Experimentação II.** 205 p. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Fitotecnia. Santa Maria 1998.

TANAKA, A., YAMAGUCHI, J. Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. **J. Fac. Agric. Hokkaido Univ.**, v.57, p.71-132, 1972.

TAÍZ, L., ZEIGER, E. **Plant Physiology.** 565p. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California. 1991.

TOLLENAAR, M. Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review. **Maydica**, v.22, p.49-75, 1977.

TOLLENAAR, M., DWYER, L.M., STEWART, D.W. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontário. **Crop Science**, Madison, v.32, p.432-438, 1992.

UHART, S. A., ANDRADE, F.H. Nitrogen Deficiency in Maize: I- Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. **Crop Science**, Madison, v.35, p.1375-1383, 1995.

UHART, S.A., ANDRADE, F.H. II-Carbon-Nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. **Crop Science**. Madison, v.35, p.1384-1389, 1995.

UHART, S.A., ANDRADE, F.H. Source-sink relationship in maize grown in a cool temperate area. **Agronomie (Paris)**, v.11, p.863-875, 1991.

VANDERLIP, R.L. How a sorghum plant develops. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Disponível em:

<http://www.sorghum.tamu.edu/gen_production/how sorgdevel/intro.html>.

Acesso em 30 set. 2003.

VENCOVSKY, R., BARRIGA, P. Genética Biométrica no Fitomelhoramento. Ribeirão Preto, SP. **Revista Brasileira de Genética**, p.383-429, 1992.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I-Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, n.11, v.41, p. 41-76, 1947.

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho. Como melhorar a eficiência. Informações Agronômicas. **Potafos**, Piracicaba, n.71, p.1-3, 1995.

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho. Quanto, como e quando aplicar. Informações Agronômicas. **Potafos**, Piracicaba, n.74, p.1-5, 1996.

YAMADA, T. Há déficit de mais de 1 milhão de toneladas de nitrogênio na agricultura brasileira. Informações Agronômicas. **Potafos**, Piracicaba, n.98, p. 20, 2002.

YAMADA, T., ABDALLA, S.R.S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho. Informações Agronômicas. **Potafos**, Piracicaba, n.91, p.1-5, 2000.

7 - ANEXOS

1	7026	3	26	5.8	5.9	7.2	92.0	3.3	0.0	7.7	3.1
---	------	---	----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----

N°	Registro	H+AL Cmol _c /L	CTC cmol/L		Saturação		S mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	B mg/L
			efetiva	pH 7	Al	Bases				
1	7026	3.9	11.0	14.9	0	74	-X-	-X-	-X-	-X-

Obs: mg/L= ppm.cmol_c=meq/100

CTC efetiva - quantidade de carga ao pH natural do solo

CTC pH 7,0 – quantidade de carga estimada a Ph 7,0

N°	Identificação da Amostra	Fe Mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Mo mg/L	Relações		
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
1	01	-x-	-x-	-x-	-x-	2.5	32.6	13.1

ANEXO III – Características da Cultivar BRS 305.

Florescimento	65-75 dias após o plantio
Maturação	115-130 dias após o plantio
Altura média da planta	140-170 cm
Tipo de Panícula	Semi-aberta

Alongamento do pedúnculo	20-25 cm
Cor do grão	Marron clara
Tanino no grão	Presente
Sanidade dos grãos	Muito boa
Acamamento	Resistente
Peso de 100 grãos	3,1 g
Reação a doenças:	
<i>Antracnose</i>	Resistente
<i>Mancha zonada</i>	Resistente
<i>Ferrugem</i>	Moderadamente susceptível
<i>Helminthosporiose</i>	Resistente
<i>Cercosporiose</i>	Moderadamente resistente
<i>Mosaico</i>	Moderadamente susceptível
Produtividade média	6.000 kg/ha
Gasto de semente	8-10 kg/ha
Recomendação	Rio Grande do Sul

Fonte: <http://www.cnpms.embrapa.br/brs305.html>

ANEXO IV – Causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios para as variáveis população final, estatura de planta, diâmetro de colmo, número de panículas, número de espiguetas por panícula, número de grãos por panícula, peso de mil grãos, índice de colheita, rendimento de grãos em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

Causas de variação	graus de liberdade	População final	estatura de planta	diâmetro de colmo
---------------------------	---------------------------	------------------------	---------------------------	--------------------------

Blocos	2	171,8254ns	3496,0476 s	8,1656s
Tratamentos	20	32,6492ns	89,2762ns	6,6815s
Resíduo	40	53,2587	115,3809	1,9372
Causas de variação	graus de liberdade	Número de panículas	número de espiguetas	número de grãos
Blocos	2	113,2063s	1,1587ns	2620440,3333s
Tratamentos	20	79,9111s	28,4873 s	1146537,9190s
Resíduo	40	34,5397	11,3754	467793,3166
Causas de variação	graus de liberdade	peso de mil grãos	índice de colheita	rendimento de grãos
Blocos	2	12,3015 ns	40,9047ns	9177780,5714 s
Tratamentos	20	14,0492 ns	28,5000 ns	2181754,1428 s
Resíduo	40	14,7682	17,0047	1012827,2714

s – Significativo em nível de 5% de erro

ns – Não significativo

ANEXO V – Causas da variação, graus de liberdade, quadrados médios para as variáveis estatura de planta, diâmetro de colmo, número de espiguetas por panícula, número de grãos por panícula, peso de mil grãos, índice de colheita e rendimento de grãos em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio. Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2002/03.

Causas de **graus de** **estatura de** **diâmetro de** **número de**

variação	liberdade	planta	colmo	espiguetas	
Blocos	2	747,1587 s	4,6190 ns	115,8253 ns	
Tratamentos	20	56,4206ns	5,8190 ns	37,1873 ns	
Resíduo	40	119,5920	5,6023	38,3087	

Causas de variação	graus de liberdade	número de grãos	peso de mil grãos	índice de colheita	rendimento de grãos
Blocos	2	2734619,3492ns	16,4444 s	268,6825 s	11321259,6190ns
Tratamentos	20	607202,8444 ns	4,5111 ns	19,0206ns	5495510,9095ns
Resíduo	40	1246742,8825	2,9111	33,7825	7513036,4357

s – Significativo em nível de 5% de erro

ns – Não significativo

ANEXO VI – Fotos mostrando extensão de dano causado por vendaval com ventos na velocidade de 126 km/h, ocorrido em 01/03/2003 sobre a área experimental.



Parcelas danificadas



Bloco bastante danificado

Parcelas que receberam N no inicio



Plantas acamadas



Plantas acamadas e quebradas



Plantas que receberam N tardiamente



Parcelas pouco afetadas